



TUGAS AKHIR - RE 141581

**EVALUASI DAN PERENCANAAN
PRASARANA SANITASI DI LEMBAGA
PEMASYARAKATAN WANITA KELAS II A
KOTA MALANG**

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
03211440000004

Dosen Pembimbing :
Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RE 141581

**EVALUASI DAN PERENCANAAN
PRASARANA SANITASI DI LEMBAGA
PEMASYARAKATAN WANITA KELAS II A
KOTA MALANG**

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
03211440000004

Dosen Pembimbing
Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - RE 141581

**EVALUATION AND DESIGN OF
SANITATION FACILITIES IN WOMAN
REHABILITATION FACILITY CLASS II A IN
MALANG CITY**

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
03211440000004

SUPERVISOR
Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environment and Earth
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI DAN PERENCANAAN PRASARANA SANITASI DI LEMBAGA PEMASYARAKATAN WANITA KELAS II A KOTA MALANG

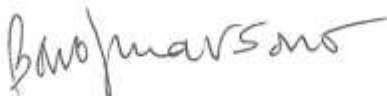
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
NRP. 03211440000004

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.
NIP. 19650317 199102 2 001



Evaluasi dan Perencanaan Prasarana Sanitasi di Lembaga Pemasarakatan Wanita Kelas II A Kota Malang

Nama Mahasiswa : Novia Astika Hadi Mulyono
NRP : 03211440000004
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

ABSTRAK

Lembaga Pemasarakatan (Lapas) Wanita Kelas II A terletak Jalan Kebonsari, Kebonsari, Sukun, Kota Malang, Jawa Timur. Lapas ini memiliki luas tanah 13.780 m² dan luas bangunan 4107 m². Pengelola lapas menyatakan bahwa lapas ini memiliki kapasitas untuk menampung 164 orang. Berdasarkan data yang diperoleh melalui survei, pada tahun 2018 terdapat 539 narapidana dan 65 petugas yang menempati lapas tersebut. Hal ini mengindikasikan terjadinya *over capacity*, sehingga menimbulkan berbagai masalah yang menghambat kegiatan dalam lapas. Masalah utama yang timbul terletak ada buruknya sanitasi, yang meliputi kurangnya pemenuhan kebutuhan air bersih dan tidak adanya upaya pengolahan limbah. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengevaluasi pemenuhan kebutuhan air bersih, mengevaluasi prasarana pengolahan air limbah *blackwater*, perencanaan *biodigester* sebagai biogas dan perencanaan pengolahan air limbah *greywater*.

Evaluasi yang dilakukan diawali dengan pengumpulan data primer dan sekunder melalui hasil observasi dan wawancara dengan pihak pengelola lapas. Data primer dan sekunder sebagai data eksisting kemudian diolah dan dibandingkan dengan standar yang berlaku seperti Standar Nasional Indonesia (SNI) serta standar lain yang berkaitan. Evaluasi yang dilakukan meliputi analisis kebutuhan air bersih yang dibutuhkan penghuni serta upaya penghematan air dengan memanfaatkan air hujan untuk

keperluan terbatas seperti wudhu dan untuk menyiram tanaman. Selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap prasarana penampung limbah *blackwater* berupa tangki septik dan perencanaan pengolahan limbah *blackwater* berupa *biodigester* serta pengolahan limbah *greywater* menggunakan berbagai alternatif unit pengolah.

Hasil dari evaluasi penggunaan air bersih yaitu besarnya biaya yang dikeluarkan untuk pemenuhan kebutuhan air minum. Pemanfaatan pemanenan air hujan dapat menghemat biaya pengeluaran per bulan hingga Rp 486.000,-. Biodigester yang direncanakan memiliki diameter 4,7 meter dan biogas yang dihasilkan sebesar 1957,6 liter/hari. Potensi penghematan biaya pembelian LPG sebesar Rp 6.463.500,00/tahun. Pada perencanaan IPAL *greywater* dipilih alternatif berupa ABR dan AF dengan dimensi panjang 12,54 meter, lebar 2,3 meter dan kedalaman total 4,3 meter. Total biaya yang diperlukan untuk perencanaan ini adalah sebesar Rp 211.899.175,00

Kata Kunci : Air bersih, *Blackwater*, *Greywater*, Lapas, Pemanenan air hujan

Evaluation and Design of Sanitation Facility in Woman Rehabilitation Facility Class II A in Malang City

Student Name : Novia Astika Hadi Mulyono
NRP : 03211440000004
Study Program : Environmental Engineering
Supervisor : Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

ABSTRACT

Woman Rehabilitation Center Class II A is located in Kebonsari Street, Kebonsari, Sukun, Malang City, Jawa Timur. This rehabilitation center has 13,780 m² land area and 4,107 m² large building. The management officer stated that this rehabilitation center has the capacity to accommodate 164 people. Based on survey data, in 2018 there are 539 inmates and 65 officers in the rehabilitation center. This implies over capacity of the center, thus resulting in various problems that prevents healthy and supportive activities from being done. The main problem is the bad sanitation, including lack of clean water supply and lack of waste treatment. This final project's objective is to evaluate the clean water supply, to evaluate the blackwater waste treatment facility, planning of biodigester as biogas, and design of greywater waste treatment facility.

Evaluation is started by obtaining primary and secondary data through observation and interview with rehabilitation center management officer. Primary and secondary data as existing data are then processed and compared with existing standard like Standar Nasional Indonesia (SNI) and other related standards. Evaluation done includes analysis of clean water demand for the inmates and of effort for saving water by using rainwater for certain needs like praying water (wudhu) and gardening. Then, evaluation for blackwater waste treatment facility in

the form of septic tank, planning of blackwater waste treatment in the form of biodigester, and planning of greywater waste treatment facility using various treatment unit alternatives.

The result of clean water demand evaluation is that the cost spent for supplying drinking water is very high. Harvesting rain water can save some of the cost by Rp 486..500,-. The planned digester has diameter of 4,7 meter and produces 1957,6 liter/day gas. The potential saving cost for purchasing LPG is Rp 6,463,500.00 each year. In greywater waste treatment, the chosen alternatives are ABR and AF with dimension of 12,54 meter length, 2,3 meter width, and 4,3 meter height. Total cost needed from this planning is Rp 211,899,175.00.

Keywords : clean water, biodigester, greywater, rehabilitation center, rain water harvesting

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan pada Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Evaluasi dan Perencanaan Prasarana Sanitasi di Lembaga Pemasyarakatan Wanita Kelas II A Kota Malang”. Atas bimbingan dan pengarahan yang telah diberikan hingga terselesaikan laporan tugas akhir ini, saya menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir.Bowo Djoko Marsono, M.Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang diberikan.
2. Bapak Dr. Ali Masduqi, S.T, M.T., Bapak Alfian Purnomo ST.,MT. dan Bapak Ir.Mas Agus Mardiyanto, M.E., P.hD. selaku dosen pengarah tugas akhir, terima kasih atas saran serta bimbingannya.
3. Ibu dan Bapak Dosen Departemen Teknik Lingkungan ITS yang telah membimbing serta memberikan ilmunya.
4. Ibu dan Bapak pengelola Lapas Wanita Kelas II A Kota Malang serta segenap warga binaan lapas yang telah membantu dan memfasilitasi ketika melakukan pengambilan data-data.
5. Keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran tugas akhir saya.
6. Teman-teman angkatan 2014 yang selalu memberikan semangat dan siap membantu saya.

Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya menerima saran agar penulisan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pengertian Sanitasi.....	7
2.2 Curah Hujan.....	7
2.3 Pemanenan Air Hujan	8
2.4 Tipe Pemanenan Air Hujan	8
2.5 Pemanenan dengan Sistem Atap.....	9
2.6 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih	10
2.6 Limbah Domestik	18
2.7 Bangunan Pelengkap.....	20
2.8 Kajian Alternatif IPAL.....	21
2.8.1 Anaerobic Baffle Reactor (ABR)	21
2.8.2 Anaerobic filter (AF)	26
2.8.3 <i>Wetland</i>	30
2.8.4 Perancangan Tangki Septik.....	32
2.8.5 Unit Grease Trap	33
2.9 Analisis Kelebihan dan Kekurangan Unit Pengolah Limbah.....	34
2.10 Prinsip Dasar Pengolahan Biogas	36

2.11 Potensi Limbah Tinja Manusia sebagai Biogas	37
2.12 Tipe Reaktor Biogas.....	37
2.13 Perhitungan Produksi Gas Metan	38
2.14 Desinfeksi.....	40
2.15 Desinfeksi dengan Ultra Violet.....	41
BAB 3 GAMBARAN UMUM LOKASI STUDI	43
3.1 Lokasi Perencanaan.....	43
3.2 Jumlah Penghuni Lapas	45
3.2 Sistem Penampungan Air Hujan	45
3.3 Sistem Penyediaan Air Bersih	45
3.4 Instalasi Pengolahan Limbah Tinja	47
BAB 4 METODE PERENCANAAN.....	49
4.1 Umum	49
4.2 Ide Perencanaan.....	51
4.3 Tahap Perencanaan	51
4.3.1 Studi literatur	51
4.3.2 Pengumpulan data	51
4.3.3 Analisis data	53
4.3.4 Hasil evaluasi dan perencanaan.....	53
4.3.5 Rencana anggaran biaya	55
4.4 Kesimpulan dan Saran	56
BAB 5 PEMBAHASAN.....	57
5.1 Evaluasi Penggunaan Air Bersih	57
5.2 Perencanaan Pemanenan Air Hujan	58
5.3 Evaluasi Pengolahan Limbah.....	88
5.3.1 Evaluasi pengolahan limbah <i>blackwater</i>	89
5.3.2 Evaluasi pengolahan air limbah <i>greywater</i>	89
5.4 Perhitungan Debit Air Limbah	90
5.4.1 Debit <i>greywater</i>	90
5.4.2 Debit <i>blackwater</i>	91
5.5 Karakteristik Air Limbah.....	91
5.5.1 Karakteristik <i>blackwater</i>	91
5.5.2 Karakteristik <i>greywater</i>	92
5.6 Alternatif Pengolahan	92
5.7 <i>Preliminary Sizing</i>	95

5.8 Perencanaan SPAL	98
5.8.1 Pembebanan pipa	98
5.8.2 Perhitungan dimensi dan slope pipa	102
5.8.3 Penanaman pipa.....	116
5.9 Perencanaan Instalasi Pengolah Limbah	
<i>Blackwater</i>	120
5.9.1 Perhitungan dimensi digester	120
5.9.2 Perhitungan sumur pengumpul	122
5.9.3 Perhitungan produksi gas	125
5.9.3 Perhitungan produksi lumpur.....	126
5.9.4 Perhitungan struktur inlet dan outlet.....	127
5.9.5 Perhitungan potensi pemanfaatan biogas.....	128
5.10 Perencanaan instalasi pengolahan limbah	
<i>greywater</i>	129
5.10.1 Perhitungan <i>grease trap</i>	129
5.10.2 Perhitungan Anaerobic Baffled Reactor	
(ABR).....	131
5.10.3 Perhitungan <i>Anaerobic Filter</i>	143
5.11 BOQ dan RAB	150
5.11.1 Bill of quantity (BOQ)	150
5.11.2 Rencana anggaran biaya (RAB)	188
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	211
6.1 Kesimpulan	211
6.2 Saran.....	212
DAFTAR PUSTAKA	215
BIOGRAFI PENULIS.....	228

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pemakaian air rata-rata per orang setiap hari.....	11
Tabel 2. 2 Karakteristik <i>Greywater</i>	18
Tabel 2. 3 Komposisi Tinja Dalam Porsen Berat Kering	19
Tabel 2. 4 Berat Tinja Manusia	19
Tabel 2. 5 Kelebihan dan Kekurangan Unit Pengolah Air Limbah.....	34
Tabel 3. 1 Jumlah Warga Binaan Dan Petugas Lapas	45
Tabel 5. 1 Karakteristik Air Hujan	59
Tabel 5. 2 Rata-Rata Data Curah Hujan Stasiun Sukun Tiap Bulan	61
Tabel 5. 3 Jumlah Data Curah Hujan Stasiun Sukun Tiap Bulan Pada Tahun 2010	61
Tabel 5. 4 Curah Hujan Stasiun Sukun Per-hari Pada Bulan Januari 2010	62
Tabel 5. 5 Perhitungan Dimensi Reservoir Blok I bulan Januari 2010.....	66
Tabel 5. 6 Dimensi Tandon Air di Pasaran.....	67
Tabel 5. 7 Perhitungan Dimensi Reservoir Musholla pada bulan Januari 2010.....	68
Tabel 5. 8 Data curah hujan	70
Tabel 5. 9 Intensitas hujan untuk tiap bangunan	72
Tabel 5. 10 Pipa talang atap direncanakan.....	73
Tabel 5. 11 Data stok pasir untuk media filter	74
Tabel 5. 12 Fraksi Pasir yang Digunakan	78
Tabel 5. 13 Fraksi Antrasit yang Digunakan	79
Tabel 5. 14 Distribusi Media Kerikil	80
Tabel 5. 15 Potensi Penghematan Pemanenan Air Hujan Tiap Bulan Untuk Tiap Bangunan Pemanenan Air Hujan Berdasarkan curah hujan 125 mm	87
Tabel 5. 16 Porsen penghematan menggunakan PAH.....	87
Tabel 5. 17 Karakteristik <i>Blackwater</i>	91
Tabel 5. 18 Karakteristik <i>Greywater</i>	92
Tabel 5. 19 Karakteristik parameter greywater	92
Tabel 5. 20 Efisiensi removal tiap unit pengolahan.....	93
Tabel 5. 21 Alternatif pengolahan I	93
Tabel 5. 22 Alternatif Pengolahan 2	94

Tabel 5. 23 Alternatif Pengolahan 3	94
Tabel 5. 24 Alternatif Pengolahan 4	95
Tabel 5. 25 Luas lahan tiap alternatif pengolahan	98
Tabel 5. 26 Pembebanan <i>Greywater+Blackwater</i> ke ABR- AF	100
Tabel 5. 27 Pembebanan pipa <i>Blackwater</i> ke Digester	101
Tabel 5. 28 Diameter <i>Greywater+Blackwater</i> ke ABR-AF	108
Tabel 5. 29 Perhitungan luas juring untuk v.min	111
Tabel 5. 30 Diameter <i>Greywater+Blackwater</i> ke AD.....	112
Tabel 5. 31 Perhitungan luas juring untuk v.min pipa	114
Tabel 5. 32 Penanaman pipa <i>greywater</i> dan <i>blackwater</i> ke ABR-AF	118
Tabel 5. 33 Penanaman pipa <i>blackwater</i> ke digester	119
Tabel 5. 34 Efluen dari ABR AF	145
Tabel 5. 35 perbandingan ABR-AF td Pengendapan 3 hari dan 4 hari	146
Tabel 5. 36 Standar Urugan Galian yang Diperkenankan	168
Tabel 5. 37 Dimensi Galian untuk pipa menuju ABR-AF	173
Tabel 5. 38 BOQ urugan dan galian pipa menuju ABR-AF.....	174
Tabel 5. 39 Dimensi Galian untuk pipa menuju ABR-AF	176
Tabel 5. 40 BOQ urugan dan galian pipa menuju ABR-AF.....	176
Tabel 5. 41 Kebutuhan <i>manhole</i> saluran ABR-AF	179
Tabel 5. 42 Kebutuhan <i>manhole</i> saluran Anaerobic Digester ..	180
Tabel 5. 43 Kebutuhan material <i>manhole</i>	187
Tabel 5. 44 RAB pemasangan pipa air limbah menuju ABR- AF	188
Tabel 5. 45 RAB penggalian pipa air limbah menuju AD	190
Tabel 5. 46 RAB Pembangunan grease trap	192
Tabel 5. 47 RAB Pembangunan ABR-AF	195
Tabel 5. 48 RAB Pembangunan <i>Anaerobic Digester</i>	199
Tabel 5. 49 RAB Sumur pengumpul.....	202
Tabel 5. 50 RAB Pembangunan Perangkat Pemanenan Air Hujan	204
Tabel 5. 51 RAB pengadaan <i>manhole</i>	207
Tabel 5. 52 Total RAB	209

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi sistem Pemanenan Air Hujan (a) Menggunakan Atap (b) Menggunakan Tanah	9
Gambar 2. 2 Removal TSS terhadap HRT	22
Gambar 2. 3 Grafik <i>COD removal in Settler</i>	23
Gambar 2. 4 Grafik <i>Reduction of Sludge During Storage</i>	23
Gambar 2. 5 Grafik <i>Effect of Organic Over Loading on BOD removal</i>	24
Gambar 2. 6 Grafik <i>BOD removal according to strength</i>	25
Gambar 2. 7 Grafik <i>BOD Removal Relative To Temperature</i>	25
Gambar 2. 8 Grafik <i>BOD Removal Relative Number Of Flow Up Chamber</i>	26
Gambar 2. 9 Grafik <i>BOD Removal Relative to HRT</i>	26
Gambar 2. 10 <i>Anarobic Filter (AF)</i>	27
Gambar 2. 11 Grafik <i>Reduction of Sludge During Storage</i>	29
Gambar 2. 12 Grafik menentukan HRT AF, dengan acuan HRT ABR	30
Gambar 2. 13 <i>Wetland</i>	30
Gambar 2. 14 Tangki Septik Konvensional	33
Gambar 3. 1 Peta Lokasi perencanaan pada <i>Google Map</i>	43
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Perencanaan Pada <i>Google Earth</i>	43
Gambar 3. 3 Kondisi Gerbang Lapas Wanita Kota Malang pada Oktober 2017	44
Gambar 3. 4 Kondisi ketika pasokan air terputus	46
Gambar 3. 5 Kondisi Tangki Septik di Tiap Blok Lapas	47
Gambar 4. 1 Kerangka perencanaan	61
Gambar 5. 1 Pengamatan meter air (a) <i>Weekday</i> Senin (b) <i>Weekday</i> Selasa (c) <i>Weekend</i> Sabtu (d) <i>Weekend</i> Minggu	57
Gambar 5. 2 (a) Proyeksi Atap blok I (b) Proyeksi atap musholla	64
Gambar 5. 3 Kondisi atap Blok I yang tidak dilengkapi talang air hujan	73
Gambar 5. 4 Grafik <i>probability</i>	75
Gambar 5. 5 Tangki septik tanpa pipa ven	89
Gambar 5. 6 Tangki septik Blok I dan II	89
Gambar 5. 7 Alternatif Pengolahan I	93
Gambar 5. 8 Alternatif pengolahan 2	94

Gambar 5. 9 Alternatif pengolahan 3	94
Gambar 5. 10 Alternatif Pengolahan 4	95
Gambar 5. 11 Grafik pompa air limbah	124
Gambar 5. 12 Pompa air limbah	124
Gambar 5. 13 Grafik Percent Removal BOD dan TSS berdasarkan Detention time	133
Gambar 5. 14 Grafik <i>COD removal in Settler</i>	133
Gambar 5. 15 Grafik <i>Reduction of Sludge During Storage</i>	136
Gambar 5. 16 Grafik <i>Effect of Organic Over Loading on BOD removal</i>	139
Gambar 5. 17 Grafik <i>BOD removal according to strength</i>	140
Gambar 5. 18 Grafik <i>BOD Removal Relative To Temperature</i>	140
Gambar 5. 19 Grafik <i>BOD Removal Relative Number Of Flow Up Chamber</i>	141
Gambar 5. 20 Grafik <i>BOD Removal Relative To HRT</i>	141
Gambar 5. 21 Grafik <i>Efficiency Ratio CODrem to BODrem</i>	142
Gambar 5. 22 Grafik menentukan HRT AF, dengan acuan HRT ABR < 12 jam.....	143
Gambar 5. 23 Grafik Efisiensi BOD Removal to COD Removal	144
Gambar 5. 24 Mass balance pengolahan air limbah.....	148
Gambar 5. 25 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah.....	168
Gambar 5. 26 Bentuk Galian yang direncanakan Sepanjang Saluran	169

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A (Daftar Harga Bahan Dan Upah)	223
LAMPIRAN B (Gambar perencanaan)	226

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lembaga Pemasyarakatan (lapas) Wanita Kelas II A Malang berdiri di atas tanah seluas 13.780 m² dan luas bangunan 4107 m². Berdasarkan survei lapangan yang dilakukan, pada tahun 2018 terdapat 539 narapidana dan 65 petugas yang menempati Lapas tersebut. Jumlah ini berbanding terbalik dengan pernyataan dari pengelola lapas yang menyatakan bahwa lapas ini berkapasitas 164 orang. Hal ini mengindikasikan terjadinya *over capacity* di Lapas Wanita Kota Malang. *Over capacity* ini terjadi akibat perbandingan yang tidak seimbang antara jumlah narapidana yang masuk dan keluar dari lapas (Angkasa, 2010). Selain itu bertambahnya penghuni juga menambah tingginya biaya yang diperlukan untuk memenuhi keperluan dalam lapas. Peningkatan yang signifikan ini berdampak pada pemenuhan kebutuhan prasarana yang harus semakin ditingkatkan. Hal ini bertujuan agar lapas menjadi suatu lingkungan yang bersih dan nyaman demi terlaksananya fungsi lapas sebagai tempat edukasi bagi narapidana, sebagaimana tertera dalam Undang-Undang No 12 Tahun 1995.

Kebutuhan mendasar yang wajib dipenuhi adalah kebutuhan akan prasarana sanitasi (Sanusi, 2016). Buruknya sanitasi dapat menyebabkan munculnya berbagai macam penyakit seperti diare, muntaber dan penyakit kulit (Pratiwi dan Purwanti, 2015). Berdasarkan survei yang dilakukan oleh Arredondo *et al.* (2015), lapas dengan tingkat penghuni yang melebihi kapasitas dapat memicu buruknya akses terhadap kebutuhan air bersih dan sanitasi. Hal ini dibuktikan dengan pembatasan penggunaan air bersih bagi narapidana di Lapas Wanita Kelas II A Malang sebagai akibat dari semakin banyaknya penghuni yang ada di lapas tersebut. Selain itu pembatasan juga dilakukan akibat minimnya biaya yang dianggarkan untuk pemenuhan kebutuhan di lapas.

Penghematan kebutuhan air bersih di Lapas dapat dilakukan dengan menerapkan sistem *green technology*. *Green Technology* adalah sebuah inisiasi teknologi yang mengembangkan berbagai jenis metode dan peningkatan bahan

yang menghasilkan energi hingga produk akhir yang tidak beracun (Bakar *et al.* 2011). Menurut Soni (2015), *Green technologies* mencakup berbagai aspek teknologi yang membantu manusia untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan manusia dan menciptakan perkembangan yang berkelanjutan. Produk dari *green technologies* bertujuan untuk mengurangi limbah, polusi, serta mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Beberapa jenis dari produk hasil penerapan *green technology* meliputi dihasilkannya energi, produk berkelanjutan dan produk yang dapat didaur ulang, serta energi alternatif. Salah satu penerapan dari *green technology* ini adalah *rainwater harvesting*. *Rainwater harvesting* atau memanen air hujan merupakan suatu cara untuk menampung air hujan ke suatu penampungan untuk digunakan sesuai kebutuhan (Setiawan, dkk., 2015). Pemanenan air hujan juga telah dilaksanakan di berbagai negara. Berdasarkan Morey, *et al.* (2016) daerah Brazil Tenggara menggunakan pemanenan air hujan dengan sistem atap yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, kebutuhan air domestik, irigasi dan pengisian air tanah. Masyarakat di Delta Irrawaddy, Myanmar yang memiliki air tanah yang mengandung salinitas yang tinggi menggunakan air hujan sebagai air minum selama musim kemarau. Beberapa perusahaan perumahan di Beijing juga menggunakan air hujan sebagai penyuplai air utama setelah melalui pengolahan yang tepat. Hal ini dikarenakan air hujan merupakan sumber air yang melimpah dan sifat air hujan tergolong murni sebelum mencapai tanah sehingga rendah mikroorganisme dengan sifat kimia pH 5-7 dan konsentrasi mineral serta logam berat rendah (Untari dan Kusnadi, 2015). Pemanenan air hujan ini nantinya akan dimanfaatkan sebagai air *wudhu* dan untuk menyiram tanaman di lapas sehingga dapat menghemat biaya kebutuhan air PDAM di lapas.

Selain pemenuhan kebutuhan akan air bersih, salah satu hal yang perlu dikaji adalah mengenai peningkatan limbah yang dihasilkan. Limbah yang dihasilkan di lapas ini merupakan limbah domestik yang tidak dikelola dengan baik sehingga menimbulkan permasalahan dan ketidaknyamanan. Salah satu bentuk limbah domestik yang dihasilkan yaitu air limbah rumah tangga atau *greywater*. *Greywater* adalah air yang berasal dari kegiatan

rumah tangga seperti air bekas dari kegiatan dapur, mandi, dan kegiatan mencuci, namun tidak termasuk yang berasal dari kloset (Lambe dan Chougule, 2010). Karakteristik dari *greywater* sangat beragam tergantung pada sumber *greywater* tersebut, seperti pada dapur *greywater* yang diperoleh mengandung kadar TSS, lemak, minyak dan BOD yang tinggi, sedangkan pada *greywater* dari kamar mandi dan air bekas cucian menunjukkan tingginya kadar COD, fosfor dan komponen *xenobiotic* (Ajit, 2016). Oleh sebab itu diperlukan pengolahan pada *greywater* sehingga tidak mencemari lingkungan. Tidak hanya *greywater*, permasalahan lain muncul dari limbah tinja atau yang disebut *blackwater*. Menurut Moertinah (2010), kandungan BOD yang tinggi dalam limbah tinja dapat menyebabkan turunnya oksigen perairan dan dapat menimbulkan bau busuk. Salah satu usaha pengolahan yang dapat dilakukan adalah penggunaan limbah tinja sebagai biogas. Limbah tinja manusia bila dimanfaatkan menjadi biogas dapat menghasilkan kadar gas metan mencapai 70% (Andriani *et al.*, 2015). Teknologi pengolahan limbah tinja sebagai biogas telah diterapkan di penjara di Rwanda, Afrika yang telah efektif mengurangi 50% biaya memasak dan mengurangi 40% eksploitasi kayu di hutan yang biasa digunakan sebagai bahan bakar untuk keperluan memasak (Munyaneza *et al.*, 2016).

Munculnya berbagai permasalahan yang ada membuktikan bahwa dibutuhkan evaluasi mendalam pada prasarana sanitasi yang telah ada. Evaluasi ini diharapkan dapat memberi manfaat sehingga dapat digunakan sebagai rekomendasi pada pengelola Lapas Wanita Kelas II A Malang dalam pembenahan prasarana sanitasi demi terciptanya lingkungan yang sehat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang mejadi dasar evaluasi dan perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana kondisi penggunaan dan pemenuhan kebutuhan air bersih di Lapas Wanita Kelas II A Kota Malang?
2. Bagaimana kondisi prasarana penampungan air limbah *blackwater* yang berupa tangki septik dan perencanaan pengolahan air limbah *blackwater*?

3. Bagaimana perencanaan pengolahan air limbah *greywater*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari evaluasi dan perencanaan ini adalah:

1. Mengevaluasi penyediaan air bersih dan kaitannya dengan pemenuhan kebutuhan air bagi penghuni Lembaga Permayarakatan Wanita Kelas II A Malang.
2. Mengevaluasi prasarana pengolahan air limbah *blackwater* yang berupa tangki septik dan potensi pemanfaatannya sebagai biogas
3. Merencanakan unit pengolah limbah *greywater* di Lembaga Permayarakatan Wanita Kelas II A Malang

1.4 Manfaat

Manfaat dari evaluasi dan perencanaan ini adalah:

1. Memberi rekomendasi kepada Lembaga Wanita Kelas II A Malang terhadap upaya penyediaan air bersih.
2. Memberi rekomendasi kepada Lapas Wanita Kelas II A Malang dalam pengelolaan limbah *blackwater*.
3. Memberi rekomendasi kepada Lapas Wanita Kelas II A Malang dalam pengelolaan limbah *greywater*

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup evaluasi dan perencanaan ini adalah :

1. Ruang lingkup sanitasi yang dikaji meliputi pengelolaan air bersih dan air limbah
2. Aspek yang dikaji berupa aspek teknis dan aspek finansial (pembiayaan).
3. Kebutuhan air bersih yang dikaji meliputi pemenuhan kuantitas dan potensi penggunaan air hujan untuk kegiatan terbatas seperti wudhu dan menyiram tanaman.
4. Pemanfaatan air hujan dilakukan selama periode bulan hujan (November hingga April)
5. Air limbah yang dikelola merupakan *blackwater* yang terdiri dari kapasitas pelayanan sarana saat ini dan perencanaan *digester* untuk pemanfaatan gas metan sebagai bahan bakar di dapur.

6. Perencanaan pengolahan air limbah *greywater* dengan mengkaji beberapa alternatif pengolahan

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sanitasi

Sanitasi didefinisikan oleh World Health Organization (WHO) sebagai penyediaan fasilitas atau pelayanan yang memisahkan orang dari urin dan feses. Berdasarkan *Millenium Development Goals* (MDGs), salah satu tujuan utama dari pembangunan nasional adalah memastikan adanya keberlanjutan lingkungan hidup yang mencakup permasalahan sanitasi. Namun, biaya investasi dari pemerintah setempat mengenai layanan dan infrastruktur sanitasi terbilang rendah, hanya 1% air limbah pemukiman dan 4% influen tinja yang tertangani, sedangkan 14% dari populasi masih melakukan perilaku *open defecation* (Chong, *et al.* 2016).

2.2 Curah Hujan

Curah Hujan (Presipitasi) adalah istilah umum untuk menyatakan uap air yang mengkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dalam segala bentuknya dalam rangkaian siklus hidrologi (Suripin, 2004). Menurut Susilowati dan Sadad (2015), kejadian hujan dapat dipisahkan menjadi dua kelompok, yaitu hujan aktual dan hujan rancangan. Hujan aktual adalah rangkaian data pengukuran di stasiun hujan selama periode tertentu. Hujan rancangan adalah hyetograf hujan yang mempunyai karakteristik terpilih. Hujan rancangan mempunyai karakteristik yang secara umum sama dengan karakteristik hujan yang terjadi pada masa lalu, sehingga menggambarkan karakteristik umum kejadian hujan yang diharapkan terjadi pada masa mendatang.

Curah hujan dapat diartikan sebagai ketinggian air yang tekumpul dalam tempat yang datar, dengan asumsi tidak meresap, tidak mengalir dan tidak menguap ke atmosfer (Tjasyono 2004). Tinggi curah hujan diasumsikan sama pada luasan yang tercakup oleh sebuah penakar hujan tergantung

pada homogenitas pada daerahnya. Curah hujan harian maksimum adalah curah hujan harian tertinggi dalam tahun pengamatan pada suatu stasiun tertentu.

Menurut Fauzi, dkk (2012) kejadian hujan memiliki sifat ketidakpastian baik secara ruang dan waktu, maka analisis-analisis data hujan menggunakan metode stokastik. Salah satu metode stokastik dalam analisis data hujan adalah analisis frekuensi. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran curah hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya kala ulang atau (return period) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya (Masrurroh, 2013).

2.3 Pemanenan Air Hujan

Pemanenan air hujan merupakan salah satu upaya yang dilakukan dengan menampung air hujan yang digunakan untuk menangani kelangkaan air dalam suatu wilayah (Jing et al. 2017). Pernyataan tersebut diperkuat oleh Yulistyorini (2011) yang menyatakan bahwa pemanenan air hujan (PAH) merupakan cara yang digunakan untuk mengumpulkan dan menyimpan air hujan dari atap rumah, atap gedung atau di permukaan tanah pada saat hujan. Sebagai salah satu sumber air bersih, pemanfaatan air hujan dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan kelangkaan air bersih, mengurangi volume air limpasan hujan dan mengisi kembali air tanah terutama di perkotaan.

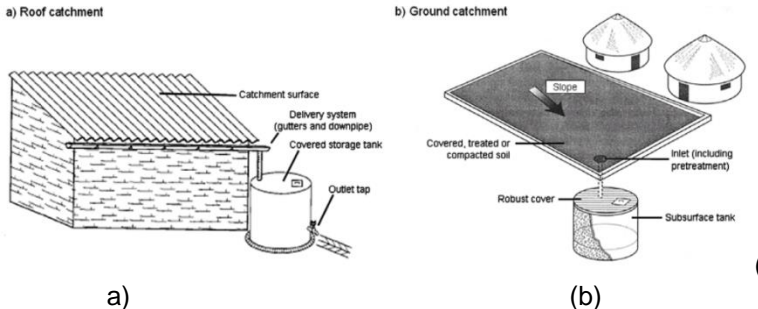
2.4 Tipe Pemanenan Air Hujan

Menurut Julius *et al.* (2013), metode pemanenan dan penyimpanan air hujan dapat dilakukan menggunakan dua cara yaitu:

- Penyimpanan untuk penggunaan langsung pada tangki maupun sumur bawah tanah yang digunakan

untuk keperluan langsung seperti mencuci, menyiram tanaman dan lain sebagainya.

- Pengisian ulang air tanah melalui sumur gali, sumur resapan, sumur bor, parit dan lain sebagainya.



Gambar 2. 1 Ilustrasi sistem Pemanenan Air Hujan (a) Menggunakan Atap (b) Menggunakan Tanah

Sumber: Sturm, *et al.* (2009 dalam Yulistyorini, 2011)

Menurut Jing *et al.* (2017), efisiensi pemanenan air hujan tergantung pada beberapa variabel yaitu curah hujan, kapasitas penyimpanan dan kebutuhan air. Banyaknya air hujan yang didapatkan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1:

Air hujan yang terkumpulkan (run-off) = $A \times (\text{curah hujan} - B) \times \text{luas tangkapan air hujan}$ **(2.1)**

Dimana:

Run-off = air hujan yang terkumpulkan (liter)

A = efisiensi pengumpulan air

B = faktor penyerapan (mm/th) curah hujan (mm/th); Luas tangkapan air hujan (m^2)

2.5 Pemanenan dengan Sistem Atap

Pemanenan dengan sistem atap menggunakan bak penampung (tandon) untuk menampung air hujan yang turun dari atap. Menurut Khaerudin (2013) kapasitas bak penampung ditentukan berdasarkan:

- Tinggi curah hujan minimal 1.300 mm per tahun.
- Luas bidang penangkap air (minimal sama dengan luas satu atap rumah).

- c. Kebutuhan pokok pemakaian air
- d. Jumlah hari kemarau.

1. Penentuan Hujan Kawasan

Untuk menghitung hujan rerata kawasan dengan metode rerata aljabar dapat digunakan persamaan 2.2:

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- \bar{p} = hujan rerata kawasan ($p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$: hujan distasiun 1,2, 3.....,n)
- n = jumlah stasiun Perhitungan Curah Hujan

2. Perhitungan Tangki Penampung

Untuk menghitung ketersediaan air atau volume air hujan yang jatuh di atap bangunan, dapat digunakan persamaan 2.3:

$$V = R \cdot A \cdot k \dots\dots\dots (2.3)$$

keterangan:

- V = Volume Air tertampung (m^3)
- R = Curah hujan (m/bulan)
- A = Luas daerah tangkapan (m^2)
- k = Koefisien *Run off*

3. Analisis Kapasitas Penampungan Pemanenan Air Hujan Per Bangunan

Menurut Nazharia dan Marhati (2013) analisis ini digunakan untuk mengetahui kemampuan atau kapasitas penampungan yang perlu ada untuk menampung air hujan yang ditangkap atap per bangunan, menggunakan persamaan 2.4:

$$V = S - B \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

- V : Volume bak penampung pada akhir bulan (m^3)
- S : Kemampuan volume bak menampung air hujan dalam satu bulan (m^3)
- B : Kebutuhan air minum dalam satu bulan (m^3).

2.6 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Menurut Noerbambang dan Morimura (2000) perhitungan ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan

minimum air bersih dalam gedung saat beroperasi secara kontinu. Ada tiga metode yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan untuk menentukan kebutuhan air bersih, antara lain:

a. Berdasarkan jumlah pemakai

Pada dasarnya kebutuhan air bersih didasarkan pada jumlah penghuni diketahui, untuk suatu bangunan gedung maka angka tersebut dipakai untuk menghitung pemakaian air rata-rata sehari berdasarkan standar pemakaian air per orang per jangka waktu pemakaian menurut penggunaan gedung tersebut. Apabila dalam pembangunan gedung tidak diketahui kapasitas orang dalam gedung, kebutuhan air dapat dihitung dengan luas lantai efektif dan menetapkan kepadatan hunian perluas lantai. Besar luas lantai efektif bervariasi berdasarkan jenis gedung. Luas lantai efektif dan pemakaian air rata-rata dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Pemakaian air rata-rata per orang setiap hari.

No	Jenis gedung	Pemakaian rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/total (%)	Keterangan
1.	Perumahan mewah	250	8-10	42-45	Setiap penghuni
2.	Rumah biasa	160-250	8-10	50-53	Setiap penghuni
3.	Apartemen	200-250	8-10	45-50	Mewah : 250 liter
					Menengah : 180 liter
					Bujangan : 120 liter

No	Jenis gedung	Pemakaian rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/total (%)	Keterangan
4.	Asrama	120	8		Bujangan
5.	Rumah sakit	Mewah >1000	8-10	45-48	
		Menengah 500-1000			(Setiap tempat tidur pasien)
		Umum 350-500			Pasien luar : 8 liter Staf/pegawai: 120 liter Keluarga pasien : 160 liter
6.	Sekolah dasar	40	5	58-60	Guru : 100 liter
7.	SLTP	50	6	58-60	Guru : 100 liter
8.	SLTA dan lebih tinggi	80	6		Guru/dosen : 100 liter
9.	Rumah-toko	100-200	8		Penghuninya : 160 liter
10	Gedung kantor	100	8	60-70	Setiap pegawai

No	Jenis gedung	Pemakaian rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/total (%)	Keterangan
11.	Toserba (Toko serba ada, department store)	3	7	55-60	Pemakaian air hanya untuk kakus, belum termasuk untuk bagian restorannya
12	Pabrik/industri	Buruh pria : 60	8		Per orang, setiap giliran (kalau kerja lebih dari 8 jam sehari)
12 13	Pabrik/industri Stasiun/terminal	Wanita : 100			Per orang, setiap giliran (kalau kerja lebih dari 8 jam sehari) Setiap penumpang (yang tiba maupun berangkat)
		3	15		
14	Restoran	30	5		Untuk penghuni : 160 liter
15	Restoran umum	15	7		Untuk penghuni : 160 liter; Pelayan :

No	Jenis gedung	Pemakaian rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/total (%)	Keterangan
					100 liter; 70% dari jumlah tamu perlu 15 liter/orang untuk kakus, cuci tangan dsb
16	Gedung pertunjukan	30	5	53-55	Kalau digunakan siang dan malam, pemakaian air dihitung per penonton.
					Jam pemakaian air dalam tabel adalah untuk satu kali pertunjukan

No	Jenis gedung	Pemakaian rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/ total (%)	Keterangan
17	Gedung bioskop	10	3		-idem-
18	Toko pengecer	40	6		Pedagang besar : 30 liter/ tamu, 150 liter/staf atau 5 liter per hari tiap m2 luas lantai
19	Hotel/ penginapan	250-300	10		Untuk setiap tamu, untuk staf : 120-150 liter; penginapan : 200 liter
20	Gedung peribadatan	10	2		Didasarkan jumlah jamaah per hari
21	Perpustakaan	25	6		
					Untuk setiap

No	Jenis gedung	Pemakaian rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/total (%)	Keterangan
					pembaca yang tinggal
22	Bar	30	6		Setiap tamu
23	Perkumpulan sosial	30			Setiap tamu
24	Kelab malam	120-350			Setiap tempat duduk
24	Gedung perkumpulan	150-200			Setiap tamu
26	Laboratorium	100-200	8		Setiap staf

Sumber : Noerbambang dan Morimura (2000)

Angka pemakaian air yang diperoleh dengan metode ini biasanya digunakan untuk menetapkan volume tangki bawah, tangki atap, pompa, dsb. Sedangkan ukuran pipa yang diperoleh dengan metode ini hanyalah pipa penyediaan air bukan untuk menentukan ukuran pipa-pipa dalam seluruh jaringan.

Pemakaian air rata-rata dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Menentukan luas total bangunan pada setiap lantai
- Menentukan luas efektif total

$$\text{Luas efektif total} = \% \text{ Luas efektif} \times \text{Luas Total lantai} \quad (2.5)$$

- Dihitung jumlah penghuni total

$$\text{Jumlah penghuni} = \frac{\text{Luas lantai efektif}}{\text{Kepadatan hunian}} \dots\dots\dots (2.6)$$

- Pemakaian air dalam satu hari (Q_1) adalah :

$$Q_1 = \text{Jumlah penghuni} \times \text{Pemakaian Air} \dots\dots\dots (2.7)$$

- Diperkirakan tambahan pemakaian air untuk menyiram tanaman, pel lantai, mengatasi kebocoran, untuk mesin pendingin, dan lain-lain sehingga untuk pemakaian air rata-rata per hari (Q_d) :

$$Q_d = (100\% + \text{Tambahan pemakaian air } \%) \times Q_1 \dots\dots\dots (2.8)$$

Rumus-rumus yang digunakan selanjutnya adalah:

- Pemakaian air rata-rata

$$Q_h = \frac{Q_d}{t} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

Q_h : Pemakaian air rata-rata
(m^3/jam)
 Q_d : Pemakaian air rata-rata sehari
(m^3/hari)
 t : Jangka waktu pemakaian air dalam 1 hari (jam)

- Pemakaian air pada jam puncak

$$Q_{h-\max} = Q_h \times C_1 \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

$Q_{h-\max}$: Pemakaian air pada jam puncak (m^3/jam)
 C_1 : Konstanta \rightarrow berkisar antara 1,5 – 2,0

- Pemakaian air pada hari puncak

$$Q_{d-\max} = Q_d \times C_2 \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

$Q_{d-\max}$: Pemakaian air pada jam puncak (m^3/jam)
 C_2 : Konstanta \rightarrow berkisar antara 1,5 – 2,0

- Pemakaian air pada menit puncak

$$Q_{m-\max} = \frac{Q_h}{60} \times C_3 \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

$Q_{m-\text{maks}}$: Pemakaian air pada menit puncak (m^3/jam)
 C_3 : Konstanta \rightarrow berkisar antara 3,0 – 4,0

2.6 Limbah Domestik

Menurut Idris-Nda, dkk. (2013) limbah domestik mencakup berbagai macam kontaminan yang dapat berpotensi berbahaya atau konsentrasi yang dapat menyebabkan degradasi kualitas air. Kontaminan potensial termasuk sabun dan deterjen dari kamar mandi,. Air limbah yang berasal dari kotoran manusia (tinja dan urin), juga dikenal sebagai *blackwater*, termasuk air dari WC atau tangki septik. Menurut Suoth dan Nazir (2016) bahan organik, anorganik, maupun gas yang terkandung di dalam limbah cair rumah tangga dapat mencemari lingkungan serta menyebabkan berbagai penyakit. Selain itu, sebagian bahan tersebut diurai oleh mikroorganisme menjadi suatu senyawa yang dapat menimbulkan bau tidak sedap. Menurut Abdalaa dan Hammam (2014), bila langsung dibuang dalam badan air, efluen limbah dapat menurunkan tingkat oksigen terlarut dalam badan air tersebut. Dua parameter yang digunakan untuk mengetahui komposisi dari air limbah adalah BOD dan COD. BOD umumnya dinyatakan dalam bentuk BOD 5 yaitu untuk mengukur total oksigen terlarut yang dapat dikonsumsi oleh bakteri pada 5 hari dan suhu 20°C , sedangkan COD diukur berdasarkan proses degradasinya oleh asam. Rasio BOD dan COD diperlukan untuk menentukan pengolahan yang tepat dalam air limbah dimana angka dari keduanya dapat menentukan indeks penguraian biologis dari limbah tersebut. Nilai BOD 5 hari merupakan bagian dari total BOD dan nilai BOD 5 hari merupakan 70 – 80% dari nilai BOD total (Sawyer & Mc Carty, 1978) Pada Tabel 2.2 ditampilkan karakteristik *greywater* menurut beberapa sumber

Tabel 2. 2 Karakteristik *Greywater*

Sumber	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)
Siswanto dan Purwanti (2016)	7,09	247,5	553,73	244,82
Suoth dan Nazir (2016)	6,2-8,5	121-151	79-700	121-127
Mulyana, dkk (2013)	-	47-466	100-700	25-183
Miswary	6,95	68	114	124

(2017)				
--------	--	--	--	--

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wardahni (2012) dalam sehari rata-rata tiap orang menghasilkan 10 Liter limbah tinja (*blackwater*). Berikut merupakan komposisi dan berat tinja manusia yang ditampilkan pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4

Tabel 2. 3 Komposisi Tinja Dalam Persen Berat Kering

No	Parameter	Presentase
1	COD	88-97%
2	Karbon	44-55%
3	Nitrogen	5-7%
4	Fosfor	3-5,4%

Sumber: Richard dkk. (1980, dalam Wardahni, 2012)

Tabel 2. 4 Berat Tinja Manusia

No	Parameter	Berat
1	berat basah/orang/hari	100-400 gram
2	berat kering/orang/hari	30-60 gram

Sumber: Richard dkk.(1980, dalam Wardahni, 2012)

Debit air limbah diperkirakan sebanyak 60%-80% dari penggunaan air bersih (Metcalf dan Eddy, 2014). Menurut Mohamed et al, 2014 debit *blackwater* sebesar 20% sedangkan debit *greywater* sebesar 80%. Debit air limbah berubah setiap waktunya, hal ini menandakan debit air limbah fluktuatif dan tergantung pada aktivitas penggunaan air bersih. Debit puncak air limbah dapat dihitung menggunakan persamaan 2.13

$$Q_{\text{peak}} = Q_{\text{ave}} \times f_p \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

- Q_{peak} = Debit puncak air limbah (Liter/detik)
- Q_{ave} =Debit rata-rata air limbah (Liter/detik)
- f_p = Faktor puncak

Faktor puncak dapat dihitung menggunakan persamaan 2.14 (Fair dan Geyer, 1954)

$$f_p = \frac{18 + P^{0.5}}{4 + P^{0.5}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

- f_p = Faktor puncak
 P = Jumlah penduduk (orang)

2.7 Bangunan Pelengkap

Bangunan Pelengkap berguna untuk memudahkan penyaluran air limbah dan operasional atau perawatan saluran. Beberapa bangunan pelengkap yang digunakan dalam sistem penyaluran air limbah diantaranya:

1. Manhole

Manhole adalah lubang yang digunakan untuk memeriksa, memelihara, dan memperbaiki aliran air yang tersumbat. *Manhole* dilengkapi dengan tutup dari beton dan *cast iron galvanized*, beserta anak tangga untuk menurunnyanya. Lokasi penempatan *manhole* yang mungkin akan digunakan:

- Pada jalur saluran yang lurus dengan jarak tertentu bergantung dari diameter saluran yang disesuaikan dengan panjang peralatan pembersihan yang akan digunakan (Tabel 2.1).
- Pada setiap perubahan kemiringan saluran , perubahan diameter, dan perubahan arah aliran vertikal maupun horizontal.
- Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan dengan pipa atau bangunan lain

Selain *manhole*, digunakan pula *drop manhole* yaitu bangunan terjunan yang digunakan bila perbedaan tinggi antara dua saluran lebih dari 0,5 m dan pada saluran dengan *slope* memotong *slope* medan.

2. Bangunan Penggelontor

Bangunan Penggelontor berfungsi untuk pembersihan saluran agar tidak terjadi sumbatan. letaknya yaitu disetiap garis pipa dimana kecepatan pembersihan (*self cleansing*) tidak tercapai karena kemiringan tanah atau pipa yang terlalu landai atau kurangnya kapasitas aliran.

Sistem penggelontoran dibagi menjadi dua, yaitu sistem kontinu dan sistem periodik (Carl 2007). Menurut Carl, sistem kontinu adalah penggelontoran secara terus menerus dengan debit yang konstan. Kelebihan sistem kontinu tidak memerlukan bangunan penggelontor sepanjang jalur pipa, tetapi cukup berupa bangunan pada awal saluran atau berupa terminal clean out yang terhubung dengan pipa transmisi air penggelontor. Selain itu, kelebihan lain sistem kontinu adalah kemungkinan saluran tersumbat kecil, dapat terjadi pengenceran air limbah, serta sistem operasi mudah. Kekurangan sistem ini yaitu, debit penggelontoran konstan memerlukan dimensi saluran lebih besar, dan penambahan beban hidrolis terjadi pada IPAL. Penggelontoran dengan sistem periodik dilakukan secara berkala pada kondisi aliran minimum. Kelebihan sistem ini adalah penggelontoran dilakukan minimal sekali dalam sehari dan penggelontoran dapat diatur sesuai kebutuhan. Kekurangan sistem ini adalah dimensi saluran relatif tidak besar karena debit gelontor tidak diperhitungkan, penggunaan sistem penggelontoran secara periodik menyebabkan unit bangunan penggelontor lebih banyak sepanjang saluran. Selain itu, saluran kemungkinan dapat tersumbat oleh kotoran.

2.8 Kajian Alternatif IPAL

Kajian alternatif IPAL yang dimaksud dalam perencanaan ini meliputi perancangan ABR, AF, *Wetland* dan *Grease trap*.

2.8.1 Anaerobic Baffle Reactor (ABR)

Menurut Sarathai, *et al.* (2010), *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) merupakan suatu sistem mengalirkan air limbah dari inlet menuju outlet dengan melewati serangkaian sekat atau yang disebut dengan *baffle*. Biomassa dan produksi gas perlahan meningkat di tiap kompartemen seiring mengalirnya air limbah dan akan menurun ketika tidak terdapat aliran. Salah satu keuntungan dari penggunaan ABR adalah fraksi dari *dead space* lebih rendah dibanding alternatif pengolahan anaerobik *high rate* lainnya, seperti *Anaerobic Filter* (AF) dan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB). ABR mampu menurunkan 70-90% BOD dan 72-95% COD, selain itu keunggulan ABR yang lain adalah biaya konstruksi tercatat 20% lebih rendah (Monica

dan Soedjono, 2014). Berikut merupakan Kriteria perencanaan ABR menurut Sasse (1998)

- Up flow velocity : < 2 m/jam
- Panjang : 50-60% dari ketinggian
- Removal COD : 65-90%
- Removal BOD : 70-95%
- Organic loading : < 3 kg COD/m³.hari

Berikut merupakan langkah perhitungan desain ABR

A. Menghitung kompartemen I (Bak Pengendap I)

1. Menghitung debit kompartemen I ABR

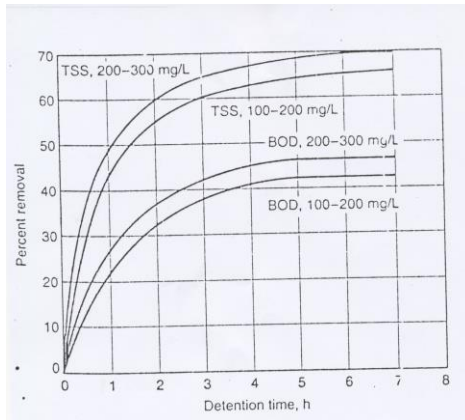
-
 menghitung debit air bersih
 $Q \text{ air bersih} = \text{Populasi} \times \text{kebutuhan air} \dots\dots\dots (2.15)$

-
 menghitung debit air limbah
 $Q \text{ air limbah} = 80\% \times Q \text{ air bersih} \dots\dots\dots (2.16)$

- Menghitung debit air limbah puncak
 $Q \text{ peak air limbah} = Q \text{ air limbah} \times f_p$
 Dimana : f_p = faktor puncak (1,5-2,0) (2.17)

2. Menghitung persen removal TSS, BOD, dan COD

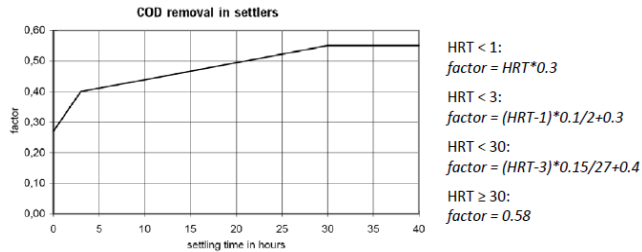
- Menghitung removal TSS dan BOD berdasarkan Grafik Removal TSS dan HRT



Gambar 2. 2 Removal TSS terhadap HRT

Sumber : Melcalf and Eddy, 2009

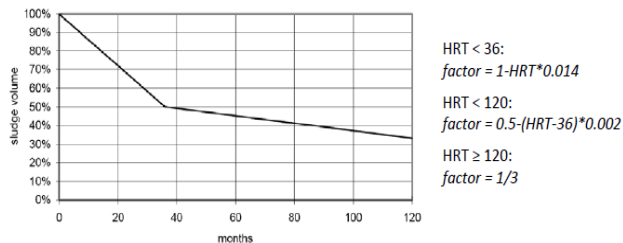
- Menghitung removal COD menggunakan grafik removal COD



Gambar 2. 3 Grafik COD removal in Settler

Sumber: Sasse, 1998

3. Menghitung produksi lumpur
Produksi lumpur = Lumpur TSS x Durasi pengurasan (2.18)
4. Menghitung Stabilisasi Lumpur
 - Menghitung reduksi lumpur menggunakan grafik reduksi volume lumpur selama waktu penyimpanan
reduction of sludge volume during storage



Gambar 2. 4 Grafik Reduction of Sludge During Storage

Sumber: Sasse, 1998

5. Menghitung densitas lumpur
Densitas Lumpur = $\frac{(3.89\% \times \rho_{\text{solid}}) + (96.11\% \times \rho_{\text{air}})}{100\%}$ (2.19)
6. Mengitung volume lumpur
Volume Lumpur = $\frac{\text{Stabilisasi lumpur}}{\rho_{\text{lumpur}}}$ (2.20)
7. Dimensi Ruang Pengendapan Lumpur
 - Merencanakan kedalaman ABR

- Menghitung tinggi total ABR

$$\text{Tinggi total ABR} = \text{Tinggi Air ABR} + \text{Freeboard} + \text{Tebal Pelat Atas} + \text{Tebal Pelat bawah} \dots\dots\dots (2.21)$$
- Merencanakan tinggi lumpur = $1/3 \times$ tinggi kompartemen ABR $\dots\dots\dots (2.22)$
- Menghitung luas ruang lumpur

$$\text{Luas ruang lumpur} = \frac{\text{Volume Lumpur}}{\text{h ruang lumpur}} \dots\dots\dots (2.23)$$

B. Perhitungan Kompartemen 2

1. Merencanakan HLR (*Hydraulic Loading rate*)
 HLR direncanakan (tipikal) = $25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}$ (16,8 - $38,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}$)
 HRT direncanakan (tipikal) = 15 jam (6 – 24 jam)
2. Menentukan jumlah kompartemen ABR
 - Menghitung luas permukaan ABR

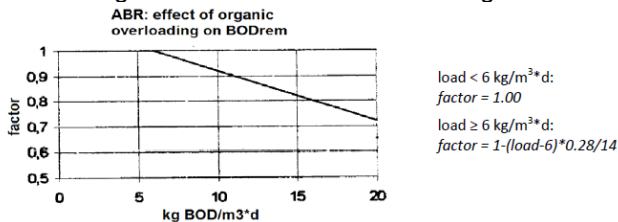
$$\text{Asurface total} = (\text{Q rata-rata} / \text{jumlah ABR}) / \text{HLR rencana} \dots\dots\dots (2.24)$$
 - Menghitung panjang tiap kompartemen 2

$$\text{Panjang ABR} = \text{A surface} / \text{lebar kompartemen} \dots\dots\dots (2.25)$$
 - Menghitung tinggi total kompartemen

$$\text{Tinggi total yang diperlukan} = \text{HLR rencana} \times (\text{HRT rencana} / 24) \dots\dots\dots (2.26)$$
 - Menghitung jumlah kompartemen ABR

$$\text{Jumlah kompartemen} = \frac{\text{Tinggi total yang diperlukan}}{\text{tinggi kompartemen 1}} \dots\dots\dots (2.27)$$
3. Perhitungan Effluen Kompartemen 2

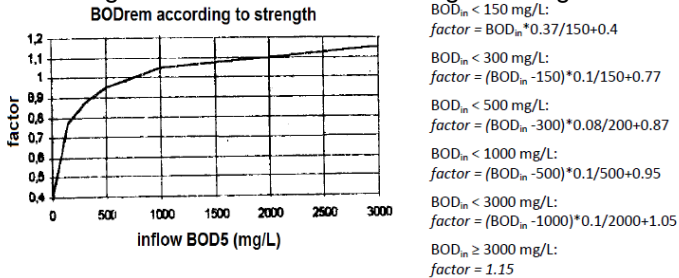
- Penentuan % removal BOD
 Menghitung % removal BOD berdasarkan faktor grafik BOD removal effect of organic overloading



Gambar 2. 5 Grafik *Effect of Organic Over Loading on BOD removal*

Sumber: Sasse,1998

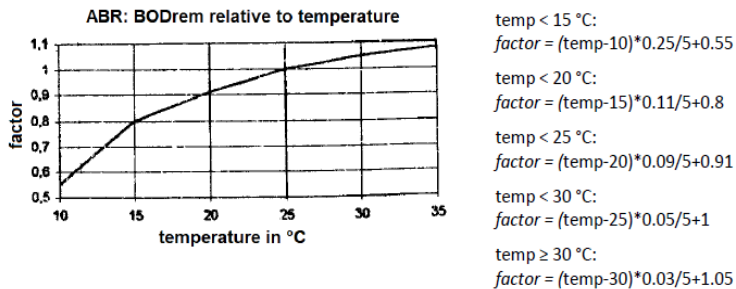
- Menghitung removal BOD berdasarkan faktor dari grafik BOD removal according to strength



Gambar 2. 6 Grafik BOD removal according to strength

Sumber: Sasse,1998

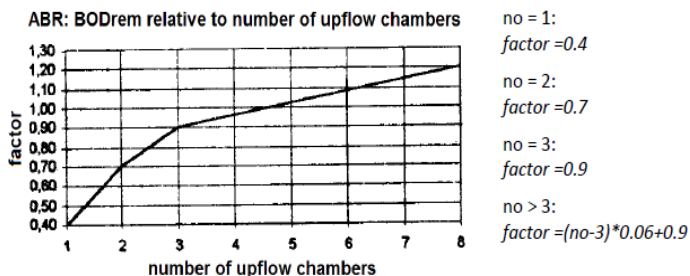
- Faktor dari grafik BOD removal relative to temperature



Gambar 2. 7 Grafik BOD Removal Relative To Temperature

Sumber: Sasse,1998

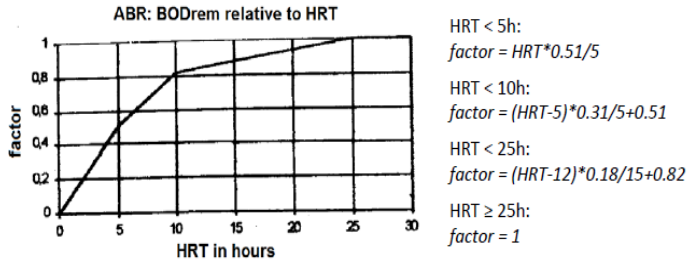
- Faktor dari grafik BOD removal relative number of flow up chamber



Gambar 2. 8 Grafik *BOD Removal Relative Number Of Flow Up Chamber*

Sumber: Sasse,1998

a. Faktor dari BOD removal relative to HRT



Gambar 2. 9 Grafik *BOD Removal Relative to HRT*

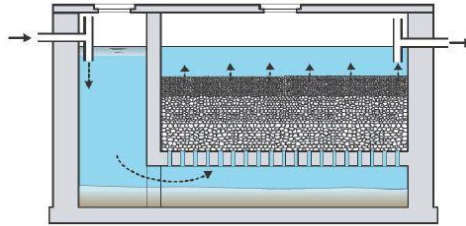
Sumber: Sasse,1998

4. Menghitung produksi lumpur
 - Menghitung Produksi Lumpur BOD
 Range koefisien yield : $\gamma = 0,05 - 1$ (yang digunakan 0,08)
 $P_x = \gamma \times \% \text{ removal BOD} \times \text{konsentrasi influent} \times Q \text{ rata-rata} \dots\dots\dots (2.28)$
 - Menghitung Produksi Lumpur TSS
 Lumpur TSS = (Konsentrasi TSS – Baku mutu) x Q rata-rata (2.29)
 - Menghitung Total Lumpur
 Total lumpur = Lumpur BOD + Lumpur TSS. (2.30)

2.8.2 Anaerobic filter (AF)

Menurut Sasse (1998) filter anaerobik berupa sebuah tangki septik yang diisi satu atau lebih kompartemen (ruang) yang dipasang filter. *Anaerobic filter* digunakan untuk air limbah dengan presentase padatan tersuspensi yang rendah. Filter ini terbuat dari bahan alami seperti kerikil, sisa arang, bambu, batok kelapa atau plastik yang dibentuk khusus. Bakteri aktif ditambahkan untuk memicu proses. Bakteri aktif ini bisa didapat dari lumpur tinja tangki septik dan disemprotkan pada materi filter. Aliran air limbah yang masuk (influent) akan mengalir filter, kemudian materi organik akan diuraikan oleh biomassa

yang menempel pada materi filter tersebut. Diperlukan 6 - 9 bulan untuk menstabilkan biomassa di awal proses. AF sendiri dapat menyisihkan



Gambar 2. 10 Anarobic Filter (AF)

Berikut merupakan kriteria desain perancangan AF menurut Sasse (1998):

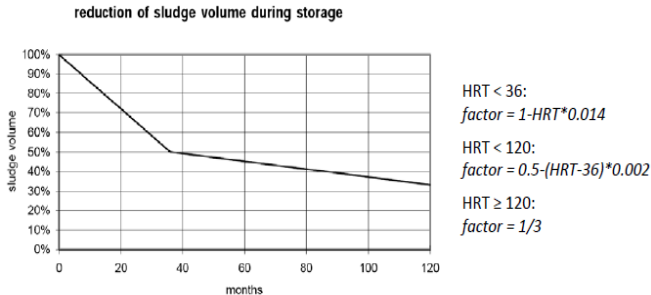
- *Hydraulic Retention Time* (HRT): 1-2 hari
- Penyisihan BOD : 70%-90%
- Jenis media : kerikil, batu (5-10 cm), plastik, arang (5-15 cm)
- Organic loading : $<4,5 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari}$
- Luas permukaan media : $90-300 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Aplikasi dan Efisiensi AF:

- Perlu waktu untuk menstabilkan biomassa di awal proses, karena itu filter anaerobik sebaiknya tidak digunakan jika butuh pengolahan cepat.
- Filter anaerobik harus kedap air. Tidak digunakan di daerah dengan permukaan air tanah yang tinggi atau sering dilanda banjir.
- Dapat diaplikasikan pada level rumah tangga atau skala kawasan permukiman kecil. Khususnya yang memiliki cukup pasokan air untuk mencuci pakaian, mandi, dan menggelontor kloset.
- Cocok untuk Rumah Sakit, Rusunawa.

Kelebihan penggunaan AF:

- Banyak tersedia di Pasar, diproduksi massal (buatan Pabrik).
- Umur pelayanan panjang.



Gambar 2. 11 Grafik *Reduction of Sludge During Storage*
Sumber: Sasse, 1998

10. Menghitung densitas lumpur

$$\text{Densitas Lumpur} = \frac{(3,89\% \times \rho_{\text{solid}}) + (96,11\% \times \rho_{\text{air}})}{100\%} \dots\dots (2.35)$$

11. Mengitung volume lumpur

$$\text{Volume Lumpur} = \frac{\text{Stabilisasi lumpur}}{\rho_{\text{lumpur}}} \dots\dots\dots (2.36)$$

12. Dimensi Ruang Pengendapan Lumpur

- Merencanakan kedadalaman ABR
- Menghitung tinggi total ABR

$$\text{Tinggi total ABR} = \text{Tinggi Air ABR} + \text{Freeboard} + \text{Tebal Pelat Atas} + \text{Tebal Pelat bawah}$$

- Merencanakan tinggi lumpur = $1/3 \times \text{tinggi kompartemen ABR} \dots\dots\dots (2.37)$

- Menghitung luas ruang lumpur

$$\text{Luas ruang lumpur} = \frac{\text{Volume Lumpur}}{h_{\text{ruang lumpur}}} \dots\dots\dots (2.38)$$

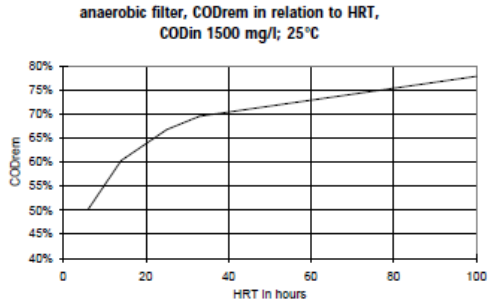
13. Menghitung dimensi anaerobic biofilter

- Direncanakan persen void (rentang 30%-40%)

.....M

$$\text{enghitung volume kompartemen} = (1 + \text{persen ruang media}) \times \text{Volume bak pengendap I} \dots\dots (2.39)$$

14. Menghitung jumlah kompartemen *Anaerobic Biofilter*

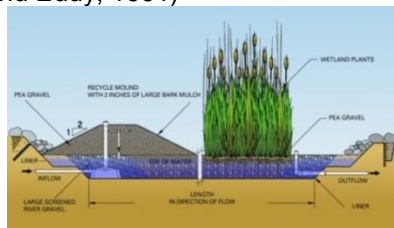


Gambar 2. 12 Grafik menentukan HRT AF, dengan acuan HRT ABR
Sumber: Sasse, 1998

- j
umlah kompartemen AF = $HRT\ AF / HRT\ ABR$ **(2.40)**
- 15. Cek HRT dan V.up.
- C
ek HRT = Volume kompartemen / Q Peak **(2.41)**
- C
ek v.up = $Q_{peak} / \text{Luas kompartemen ABR}$ **(2.42)**

2.8.3 Wetland

Wetland merupakan suatu lahan yang jenuh air dengan kedalaman air tipikal yang kurang dari 0,6 m yang mendukung pertumbuhan tanaman air *emergent* misalnya Cattail, bulrush, umbrella plant dan canna (Metcalf and Eddy, 1991)



Gambar 2. 13 *Wetland*

Kinerja terhadap *Constructed wetland* dipengaruhi oleh tiga faktor utama, yaitu:

- Area yang digenangi air dan mendukung hidupnya tanaman air jenis hydrophita
- Media tumbuh berupa tanah yang selalu digenangi air
- Media jenuh air

Dalam constructed wetland Terdapat dua sistem yang dikembangkan saat ini yaitu:

a) *Free Water Surface System (FWS)*

FWS disebut juga rawa buatan dengan aliran di atas permukaan tanah. Sistem ini berupa kolam atau saluran-saluran yang dilapisi dengan lapisan impermeable di bawah saluran atau kolam yang berfungsi untuk mencegah merembesnya air keluar kolam atau saluran. FWS tersebut berisi tanah sebagai tempat hidup tanaman yang hidup pada air tergenang (emerge plant) dengan kedalaman 0,1-0,6 m (Metcalf & Eddy, 1991). Pada sistem ini limbah cair melewati permukaan tanah. Pengolahan limbah terjadi ketika air limbah melewati akar tanaman, kemudian air limbah akan diserap oleh akar tanaman dengan bantuan bakteri (Crites and Tchobanoglous, 1998).

b) *Sub-surface Flow System (SSF)*

SFS disebut juga rawa buatan dengan aliran di bawah permukaan tanah. Air limbah mengalir melalui tanaman yang ditanam pada media yang berpori (Novotny dan Olem, 1994). Sistem ini menggunakan media seperti pasir dan kerikil dengan diameter bervariasi antara 3-32 mm. Untuk zona inlet dan outlet biasanya digunakan diameter kerikil yang lebih besar untuk mencegah terjadinya penyumbatan (USAID, 2006).

c) Berikut merupakan langkah perhitungan *Sub-surface Flow System (SSF)* menurut Metcalf dan Eddy (1991)

1. Menghitung debit limbah sesuai rumus 2.15 dan 2.16.
2. Menentukan batasan efluen yang diperlukan untuk parameter pencemar
3. Analisis BOD removal

4. M

menghitung waktu detensi untuk memperoleh kandungan BOD yang diinginkan

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-Kt - t_d} \quad (2.43)$$

$$Kt = K_{20} (1,1)^{T-20} \quad (2.44)$$

$$D = \left(-\frac{\ln C/C_o}{Kt} \right) \quad (2.45)$$

$$Ac = dxW = \left(\frac{Q}{K_{sxS}} \right) \quad (2.46)$$

$$L = \left(\frac{td/Q}{wx dxa} \right) \quad (2.47)$$

$$Ac = LxW \quad (2.48)$$

Keterangan:

Q = debit rata-rata (m³/hari)

As = luas permukaan (m²)

T = temperatur

Ks = konduktivitas hidrolik

A = porositas media

Co = BOD influen (mg/L)

Ce = BOD efluen (mg/L)

S = Slope media

Td = Waktu detensi (hari)

D = kedalaman (m)

W = lebar (m)

L = Panjang media (m)

5. Menghitung *organic loading rate*

$$Lw = \frac{Q}{LxW} \quad (2.49)$$

$$BOD_{LR} = \frac{QxC}{A} \quad (2.50)$$

L_w = Hydraulic loading rate (mgal/acre-hari)

BOD_{LR} = BOD *loading rate* (lb/acre-hari)

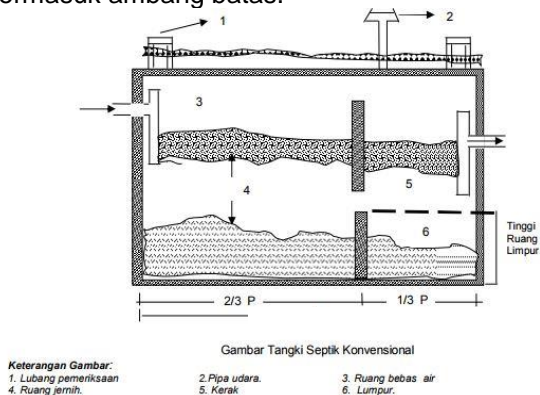
C = konsentrasi BOD (mg/L)

6. Menghitung luas area

2.8.4 Perancangan Tangki Septik

Berikut ini merupakan kutipan dari SNI 03-2398-2002 yaitu:

Tangki septik dibuat untuk daerah dengan air tanah rendah dan jumlah pemakai maksimal 10 KK (1KK=5 orang). Bahan bangunan harus kuat, tahan terhadap asam dan kedap air, bahan bangunan yang dapat dipilih untuk bangunan dasar, penutup dan pipa penyalur air limbah adalah batu kali, bata merah, batako, beton biasa, beton bertulang, asbes semen, PVC, keramik dan plat besi. Bentuk empat persegi panjang (2:1 s/d 3:1), lebar tangki minimal 0,75 m dan panjang ambang batas 0,3 m. Tangki septik ukuran kecil yang hanya melayani satu keluarga dapat berbentuk bulat dengan diameter minimal 1,2 m dan tinggi minimal 1,5 m termasuk ambang batas.



Gambar 2. 14 Tangki Septik Konvensional
 Sumber: SNI 03-2398-2002

2.8.5 Unit Grease Trap

Minyak dan lemak merupakan polutan organik yang sering ditemukan pada badan air. Minyak dan lemak dapat diolah dengan menggunakan grease trap. Grease trap diletakkan pada awal pengolahan (Priyanka, 2012). Hal ini dikarenakan kandungan minyak dan lemak yang tinggi pada proses pengolahan air limbah dapat menghambat transfer oksigen pada bak aerasi

(Kementrian Kesehatan RI, 2011). Efisiensi grease trap dapat mencapai 95% (Wongthanate et al, 2014)

2.9 Analisis Kelebihan dan Kekurangan Unit Pengolah Limbah

Berbagai unit pengolahan limbah *greywater* yang dikaji memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Analisis kelebihan dan kekurangan dari unit pengolah limbah ini ditampilkan dalam Tabel. 2.5

Tabel 2. 5 Kelebihan dan Kekurangan Unit Pengolah Air Limbah

Unit pengolahan	Jenis pengolahan	Tipe air limbah	Kelebihan	Kekurangan
Tangki Septik	Sedimentasi, stabilisasi lumpur	Air limbah dari padatan yang dapat terendapkan, khususnya limbah domestik	Pengolahan mudah, tahan lama, luas area yang dibutuhkan sempit	Efisiensi pengolahan rendah, effluen air limbah berbau tidak sedap
Anaerobic Filter	Degradasi anaerobik dari padatan terlarut dan tersuspensi	Air limbah domestik dan industri yang diendapkan terlebih dahulu dengan rasio COD/BOD yang kecil	Pengolahan mudah dan tahan lama, efisiensi pengolahan tinggi, luas area yang dibutuhkan tidak terlalu besar,	Biaya pembangunan yang lebih mahal karena terdapat material filter khusus, dapat terjadi penyumbatan filter, effluen air limbah agak sedikit berbau
Anaerobic Baffle Reactor	Degradasi anaerobik dari padatan terlarut dan	Air limbah industri dan domestik yang diendapkan	Pengolahan mudah dan tahan lama, efisiensi pengolahan	Start up yang dibutuhkan lama dibanding anaerobic

	tersuspensi	terlebih dahulu, rasio COD/BOD	tinggi, luas area yang dibutuhkan tidak terlalu besar, tidak mudah penyumbatan, biaya pembangunan lebih murah dibanding AF	filter, kurang efisien dengan air limbah dengan pencemar yang rendah
<i>Sub-surface Flow System Wetland</i>	Aerobik, <i>phytotreatment</i>	Limbah domestik, limbah pertanian, sebagian limbah industri, termasuk logam berat (**)	Efisiensi pengolahan tinggi (mencapai 80%), biaya untuk pengoperasian dan pemeliharaan murah karena tidak membutuhkan keterampilan yang tinggi (**)	Kecepatan proses: tergantung pada faktor-faktor lingkungan seperti suhu, ketersediaan oksigen, pH, dll.; Keterbatasan hidrologis: hydraulic overload ketika arus melebihi kapasitas disain menyebabkan waktu retensi terlalu singkat untuk penghapusan polutan secara efektif , Keterbatasan Pengolahan Limbah Domestik

				dengan Teknologi Taman Tanaman Air misal: material organik, nutrisi atau racun, dan kekurangan oksigen; dan Keterbatasan lahan sehingga dimensi CWS tidak memenuhi waktu tinggal untuk proses penurunan polutan(***)
--	--	--	--	--

Sumber : (*) Sasse, 1998

(**) Tangahu dan Warmadewanthi (2001)

(***) Suswati dan Wibisono (2013)

2.10 Prinsip Dasar Pengolahan Biogas

Menurut Colón, *et al* (2015) proses degradasi secara anaerobik merupakan proses dimana limbah organik dikonversi menjadi gas metana dan karbon dioksida (umumnya mengandung 60% metana dan 40% gas karbon dioksida) yang selanjutnya disebut sebagai biogas. Gas metana sendiri merupakan sumber energi yang bernilai besar (sekitar 36 kJ/L pada STP) dan merupakan gas rumah kaca yang memiliki massa 25 kali lebih besar dibanding gas karbon dioksida. Proses degradasi secara anaerobik terbagi menjadi empat (4) tahapan, yaitu Hidrolisis, acidogenesis, acetogenesis dan metanogenesis (Horváth *et al.*, 2016). Menurut Laskri dan Nedjah (2015) rincian tahapan biogas adalah sebagai berikut:

- Hidrolisis: makromolekul terpecah menjadi molekul yang lebih sederhana oleh enzim ekstraseluler (selulosa, hidrolase, amilase, dan lain sebagainya)

- Acidogenescolois : molekul sederhana dari proses hidrolisis diubah menjadi asam organik dan alkohol dengan pelepasan amonium (NH_4^+), karbon dioksida, dan hidrogen.
- Acetogenesis : produk dari proses acidogenesis diubah menjadi asam asetat (CH_3COOH), CO_2 dan H_2 sebagai substrat dalam proses metanogenesis
- Metanogenesis: tahap ini merupakan tahap terakhir dimana metana terbentuk melalui asetat maupun campuran antara karbon dioksida dan hidrogen.

2.11 Potensi Limbah Tinja Manusia sebagai Biogas

Limbah Tinja Manusia dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam bentuk biogas yang menghasilkan metana melalui proses fermentasi (Febrianto dan Priyono, 2012). Menurut Andriani, *et al.* (2015) keuntungan penggunaan limbah tinja manusia sebagai biogas adalah prosesnya yang berlangsung tanpa memerlukan *starter* tambahan (penambahan mikroorganisme). Mikroorganisme tetap berada dalam reaktor selama adanya input dari tinja sehingga menjamin keberlanjutan produksi biogas. Selain itu pH dari limbah tinja yang dihasilkan adalah 7,3 yang merupakan pH optimum dalam proses pengolahan biogas. Produksi gas metana yang dihasilkan dari tinja manusia dapat mencapai 70%, melebihi produksi gas metana dari biogas yang menggunakan bahan baku kotoran hewan ternak. Dengan menggunakan nilai kalori tipikal biogas, yaitu 22 MJ/m^3 serta dengan volume tinja yang digunakan sebesar 106.85 m^3 maka dapat dihasilkan energi sebesar 652.97 kWh/hari . Menurut Widyastuti, dkk (2013) kandungan 1 m^3 biogas setara dengan energi 0,62 liter minyak tanah, 0,46 liter elpiji, kemudian 0,52 liter minyak solar, 0,08 liter bensin dan 3,5 kg kayu bakar.

2.12 Tipe Reaktor Biogas

Penggunaan sistem reaktor biogas memiliki keuntungan, antara lain yaitu mengurangi efek gas rumah kaca, mengurangi bau yang tidak sedap, mencegah penyebaran penyakit, panas, daya (mekanis/listrik) dan hasil samping berupa pupuk padat dan

cair. Pemanfaatan limbah dengan cara seperti ini secara ekonomi akan sangat kompetitif seiring naiknya harga bahan bakar minyak dan pupuk anorganik (Widodo dkk., 2006). Menurut data LIPI (2006, dalam Taufikurrahman 2011), terdapat beberapa tipe digester yang ada dalam pengolahan biogas, yaitu:

a. Tipe Terapung (*Floating Type*).

Tipe terapung ini banyak dikembangkan di India yang terdiri atas sumur pencerna dan di atasnya ditaruh drum terapung dari besi terbalik yang berfungsi untuk menampung gas yang dihasilkan oleh digester. Sumur dibangun dengan menggunakan bahan-bahan yang biasa digunakan untuk membuat fondasi rumah, seperti pasir, batu bata, dan semen. Karena banyak dikembangkan di India, maka digester ini disebut juga dengan tipe India.

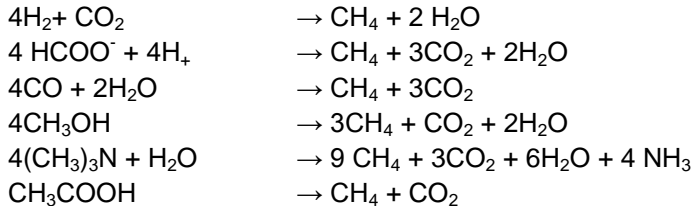
b. Tipe Kubah (*Fixed Dome Digester*).

Tipe ini merupakan tipe yang paling banyak dipakai di Indonesia. Tipe kubah adalah berupa digester yang dibangun dengan menggali tanah kemudian dibuat dengan bata, pasir, dan semen yang berbentuk seperti rongga yang kedap udara dan berstruktur seperti kubah (bulatan setengah bola). Menurut Horvath, *et al.* (2016) tipe ini dikembangkan di Cina sehingga disebut juga tipe kubah atau tipe Cina dengan sistem anaerobik biogas. Gas yang dihasilkan tergantung pada kandungan protein, lemak dan karbohidrat yang terkandung dalam limbah, lamanya waktu pembusukan minimal 30 hari karena semakin lama pembusukan semakin sempurna prosesnya.

2.13 Perhitungan Produksi Gas Metan

Menurut Metcalf dan Eddy (2003) proses fermentasi dan oksidasi digunakan untuk mengolah lumpur dan limbah organik dengan kadar pencemar yang tinggi. Fermentasi anaerobik menguntungkan karena proses yang menghasilkan lumpur yang lebih sedikit dan menghasilkan energi dalam bentuk metana dan dapat diperoleh kembali dengan konversi substrat organik. Jumlah substrat yang terbatas digunakan oleh mikroorganisme metanogen dan reaksi didefinisikan sebagai CO_2 dan grup metil,

melibatkan oksidasi hidrogen, asam format, karbon monoksida, metanol, metilamina, dan asetat secara berturut-turut. Berikut reaksinya



Reaksi COD dapat digunakan untuk menjelaskan perubahan COD. COD yang hilang dalam anaerobik reaktor dapat dijelaskan sebagai metan yang diproduksi. COD metan merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi metana menjadi karbondioksida dan air.



Melalui komposisi bahan organik kita bisa memperkirakan berapa biogas yang terbentuk dengan menghitung densitas dari biogas menggunakan rumus berikut:

Dari reaksi di atas dapat diketahui, COD per mol metana adalah $2 \times 32 \text{ O}_2/\text{mol}$ $64 \text{ gram O}_2/\text{mol CH}_4$. Volume metana dalam kondisi standard adalah $22,14 \text{ L}$ diperoleh rumus berikut:

$$\text{Densitas} = \text{mol gas} / (nRT : V) \dots\dots\dots (2.52)$$

($R = 0,082057 \text{ mol.L/mol.K}$)

Sehingga volume metana berdasarkan konversi COD dalam reaktor anaerobik sebesar $22,414/64 = 0,35 \text{ Liter CH}_4/\text{g COD}$. Volume gas metan yang dihasilkan selama proses dekomposisi diperkirakan dengan menggunakan rumus berikut:

$$V \text{ CH}_4 = \left[\frac{(S_0 - S_e) \times Q}{10^3 \text{ g/kg}} - 1,42 \cdot Px \right] \dots\dots\dots (2.53)$$

Produksi gas total bisa diperkirakan dari presentase penurunan *volatile solid*. Pada umumnya nilai bervariasi antara $0,755\text{-}1,12 \text{ m}^3/\text{kg volatile solid}$. Produksi gas fluktuatif tergantung pada kandungan lumpur dan proses yang terjadi dalam *digester*. Pada pengolahan pertama limbah cair rumah tangga, diperkirakan secara kasar produksi gas antara $15\text{-}22 \text{ m}^3/10^3$

orang per hari. Pada pengolahan kedua produksi gas meningkat menjadi kurang lebih $28\text{m}^3/10^3$ orang per hari. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung P_x untuk *digester* tanpa resirkulasi lumpur

$$P_x = \frac{(YQ(S_0 - S_e)x(10)/(10^3 \text{ g/kg})^{-1}}{1 + Kd(SRT)} \dots\dots\dots (2.54)$$

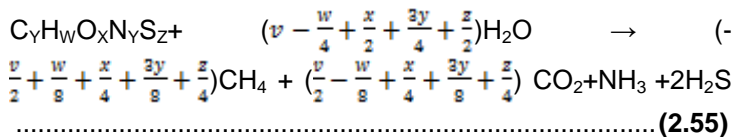
Dimana:

Y = koefisien *yield* (g VSS/ g bCOD)

Kd = Koef. Endogeneous (hari^{-1})

SRT = *Solid Retention Time*

Selanjutnya rumus yang digunakan untuk memperkirakan produksi metan, karbon dioksida, amonium dan hidrogen sulfida yang dihasilkan dari proses anaerobik (Buswell dan Boruff, 1932; Metcalf dan Eddy, 2003; Wardahni, 2012)



2.14 Desinfeksi

Desinfeksi dapat diartikan sebagai upaya penghilangan atau pemusnahan mikroorganisme patogen yang bersifat selektif sehingga tidak semua mikroorganisme dapat dimusnahkan. Hal ini berbeda dengan sterilisasi, karena desinfeksi tidak digunakan untuk menghilangkan mikroorganisme patogen maupun nonpatogen yang berbentuk spora. Sedangkan sterilisasi merupakan penghilangan atau pemusnahan semua mikroorganisme yang terdapat dalam suatu zat (McCarthy, J.J. dan Smith, C.H., 1974 dalam Cahyonugroho, 2010). Menurut Said (2007), faktor yang berpengaruh dalam proses desinfeksi antara lain:

1. Jenis desinfektan

Efisiensi disinfektan tergantung pada jenis bahan kimia yang digunakan, beberapa disinfektan seperti khlorine dioksida merupakan oksidator yang kuat dibandingkan dengan yang lainnya seperti khlorine.

2. Jenis mikroorganisme

Secara umum resistensi terhadap disinfeksi berurutan sebagai berikut : bakteri vegetatif < virus enteric < bakteri pembentuk spora (sporeforming bacteria) < kista protozoa.

3. Konsentrasi deinfektan dan waktu kontak

Inaktivasi mikroorganisme patogen oleh senyawa disinfektan bertambah sesuai dengan waktu kontak, dan idealnya mengikuti kinetika reaksi orde satu.

4. Pengaruh pH

Pengaruh pH pada inaktivasi mikroba dengan khloramin tidak diketahui secara pasti karena adanya hasil yang bertentangan. Pengaruh pH pada inaktivasi patogen dengan ozon juga belum banyak diketahui secara pasti.

5. Temperatur

Inaktivasi patogen dan parasit meningkat sejalan dengan meningkatnya temperatur.

6. Pengaruh kimia dan fisika pada desinfeksi

Beberapa senyawa kimia yang dapat mempengaruhi proses disinfeksi antara lain adalah senyawa nitrogen anorganik maupun organik, besi, mangan dan hidrogen sulfida. Senyawa organik terlarut juga menambah kebutuhan khlor dan keberadaannya menyebabkan penurunan efisiensi proses disinfeksi.

2.15 Desinfeksi dengan Ultra Violet

Radiasi ultraviolet merupakan suatu sumber energi yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penetrasi ke dinding

sel mikroorganisme dan mengubah komposisi asam nukleatnya. Absorpsi ultraviolet oleh DNA (atau RNA pada beberapa virus) dapat menyebabkan mikroorganisme tersebut tidak mampu melakukan replikasi akibat pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul-molekul pirimidin (Snider et al, 1991 dalam Cahyonugroho 2010).

Menurut Rakkito dan Surya (2010), mekanisme kerja UV adalah melepaskan foton yang akan diserap oleh DNA mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan DNA sehingga proses replikasi DNA akan terhambat. Pada keadaan ini, mikroorganisme akan mati secara perlahan karena tidak dapat mengatur metabolisme sel dan tidak Penyisihan E.Coli Air dapat berkembang biak. DNA yang tersusun dari rantai dasar nitrogen berupa purine dan pyrimidine dimana purine terdiri dari adenine dan guanine, sedangkan pyrimidine terdiri dari thymine dan cytosine. Dalam proses penyerapan foton oleh DNA, energi yang dimiliki oleh foton akan mengakibatkan terputusnya rantai hidrogen yang menghubungkan antara thymine dan cytosine yang mengakibatkan kerusakan DNA. Dosis UV yang diberikan dapat dihitung dengan perkalian antara intensitas foton yang diberikan dengan lamanya waktu paparan yang diberikan. Satuan yang digunakan adalah mJ/cm^2 .

Menurut Wiyono, dkk (2017), keuntungan menggunakan Ultra violet meliputi :

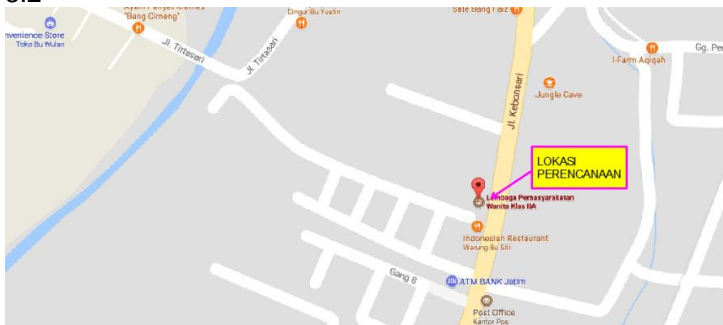
1. Tidak beracun atau tidak berbahaya
2. Menghancurkan zat pencemar organik.
3. Menghilangkan bau atau rasa pada air.
4. Memerlukan waktu kontak yang singkat (memerlukan waktu beberapa menit).
5. Meningkatkan kualitas air karena gangguan zat pencemar organik.
6. Dapat mematikan mikroorganisme pathogenik.
7. Tidak mempengaruhi mineral di dalam air.

BAB 3

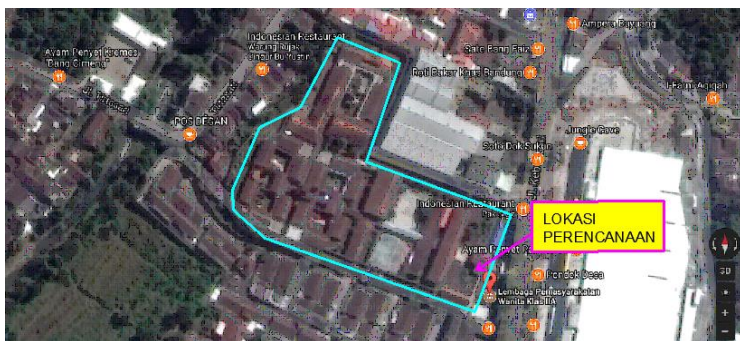
GAMBARAN UMUM LOKASI STUDI

3.1 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan berada di Lembaga Pemasyarakatan Wanita Kelas II A Kota Malang yang berlokasi di Jalan Kebonsari, Kebonsari, Sukun, Kota Malang, Jawa Timur. Lembaga Pemasyarakatan (lapas) Wanita Kelas II A Malang berdiri diatas tanah seluas 13.780 m² dan luas bangunan 4107 m². Peta lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2



Gambar 3. 1 Peta Lokasi perencanaan pada Google Map



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Perencanaan Pada Google Earth

Lembaga Pemasyarakatan Wanita kelas II A memiliki batas sebagai berikut:

Utara : Jalan S. Supriadi

Barat : Jalan Tirtasari

Timur : Jalan Raya Kebonsari

Selatan : Kantor Forum DAS Brantas Jawa Timur

Pada Gambar 3.3 disajikan gambar gerbang Lapas Wanita Kota Malang.



Gambar 3. 3 Kondisi Gerbang Lapas Wanita Kota Malang pada Oktober 2017

Terdapat 5 blok dalam Lapas yang memiliki fungsimasing-masing, yaitu:

- a. Blok I: anak dan ibu menyusui, napi tamping (pembantu kantor lapas), serta warga binaan yang baru masuk
- b. Blok II: narapidana narkoba
- c. Blok III : Narapidana narkoba dan manula
- d. Blok IV: Kasus penipuan dan tindak pidana korupsi
- e. Blok V: Tahanan dan napi tamping

Fasilitas yang terdapat dalam lapas antara lain:

- a. Pendidikan: ruang pendidikan dan perpustakaan
- b. Agama: ruang musholla dan gereja
- c. Olahraga: lapangan voli, badminton, tenis meja, karambol
- d. Perawatan kesehatan: ruangan poliklinik, dengan sarana dokter umu, poli gigi paruh waktu dan perawat
- e. Ruang makan dan ruang dapur
- f. Ruang kegiatan kerja
- g. Ruang kunjungan
- h. Wartel

i. Koperasi

Gambar selengkapnya dapat dilihat pada peta lapAs di lampiran

3.2 Jumlah Penghuni Lapas

Jumlah Penghuni lapas yang selanjutnya disebut sebagai warga binaan perempuan bersifat fluktuatif tergantung dari banyak narapidana maupun tahanan yang masuk maupun keluar. Kapasitas maksimum yang dapat ditampung di lapas berjumlah 164 narapidana dan tahanan. Berikut merupakan data warga binaan perempuan serta petugas lapas setiap tahunnya

Tabel 3. 1 Jumlah Warga Binaan Lapas

Tahun	Narapidana	Tahanan	total
2013	323	38	361
2014	290	33	323
2015	310	32	342
2016	420	48	468
2017	476	54	530
2018	517	69	586

Sumber: data lapas,2018

3.2 Sistem Penampungan Air Hujan

Lapas Wanita Kelas II A Kota Malang belum memiliki tempat penampungan air hujan. Air hujan langsung turun menuju saluran drainase yang ada. Saluran drainase kemudian mengalir ke saluran drainase utama di sepanjang Jalan Kebonsari kemudian menuju sungai Brantas. Penyimpanan air hujan dilakukan dengan metoda penampungan air hujan dari atap. Pada perencanaan ini perhitungan sistem penampungan hujan berupa tandon yang dihitung berdasarkan data selama musim hujan.

3.3 Sistem Penyediaan Air Bersih

Sumber air bersih yang digunakan mayoritas berasal dari PDAM Kota Malang. Banyaknya pengguna air dan besarnya biaya penggunaan air PDAM yang dikeluarkan tiap bulannya merupakan salah satu masalah utama yang ada di lapas

tersebut. Hal ini diakibatkan terbatasnya anggaran biaya yang dikeluarkan pemerintah untuk pemenuhan kebutuhan di lapas.



Gambar 3. 4 Kondisi ketika pasokan air terputus
(Narapidana mengantri untuk mendapatkan air)

Sumber : Arsip Lapas, 2017

Berdasarkan informasi dari petugas lapas permasalahan lain yang sering terjadi adalah terbatasnya pasokan air akibat sering terputusnya pasokan air PDAM di area lapas. Pasokan air terputus dan tidak mengalir selama lebih dari 12 jam. Saat hal seperti ini terjadi pihak lapas memenuhi kebutuhan air narapidana dengan cara mengambil air yang bersumber dari truk tangki air PDAM Malang, sehingga narapidana harus mengantri untuk mendapat air. Hal ini menjadi suatu keprihatinan karena terputusnya pasokan air dapat meningkatkan keresahan penghuni lapas dan menghambat aktivitas pemasyarakatan di lapas tersebut. Dari permasalahan tersebut maka diperlukan adanya sumber lain yang dapat digunakan untuk pemenuhan kebutuhan air bersih demi terjaganya keberlangsungan kegiatan pemasyarakatan yang ada. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah dengan pemanfaatan air hujan untuk kebutuhan terbatas seperti untuk air wudhu maupun air untuk menyiram tanaman. Pemanfaatan air hujan sebagai air wudhu dikarenakan mayoritas penghuni lapas merupakan pemeluk agama islam, selain untuk wudhu air hujan yang ditampung juga dimanfaatkan untuk menyiram tanaman yang ada di lapas. Melalui pemanfaatan sumber air hujan diharapkan dapat menghemat biaya pengeluaran PDAM.

3.4 Instalasi Pengolahan Limbah Tinja

Instalasi pengolahan limbah tinja di Lapas Wanita Kelas II A Kota Malang hanya berupa tangki septik dengan ukuran 2 m^3 ($1\text{m} \times 1\text{m} \times 2\text{m}$). Jumlah tangki septik yang ada berjumlah 24 tangki septik. Akibat lonjakan penghuni seringkali tangki septik menjadi cepat penuh dan seringkali meluap sehingga menimbulkan bau yang kurang sedap, sehingga dilakukan pengurusan melalui jasa sedot tinja selama beberapa kali dalam setahun. Gambar tangki septik di lapas ditampilkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Kondisi Tangki Septik di Tiap Blok

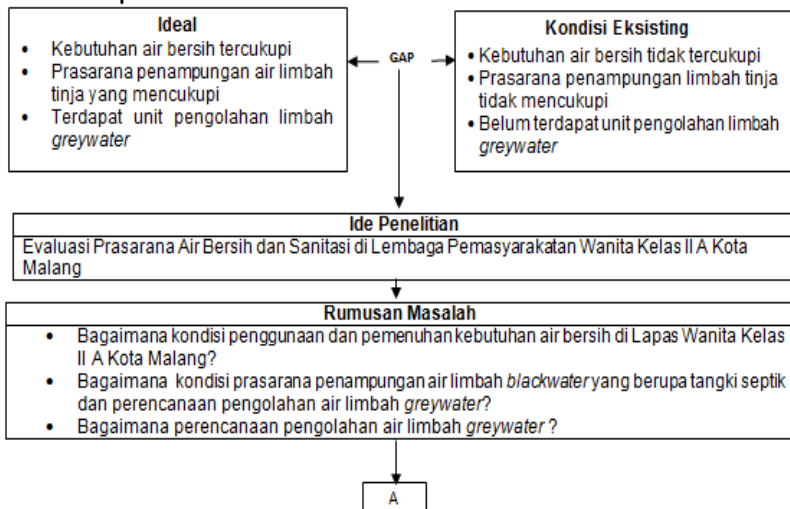
“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

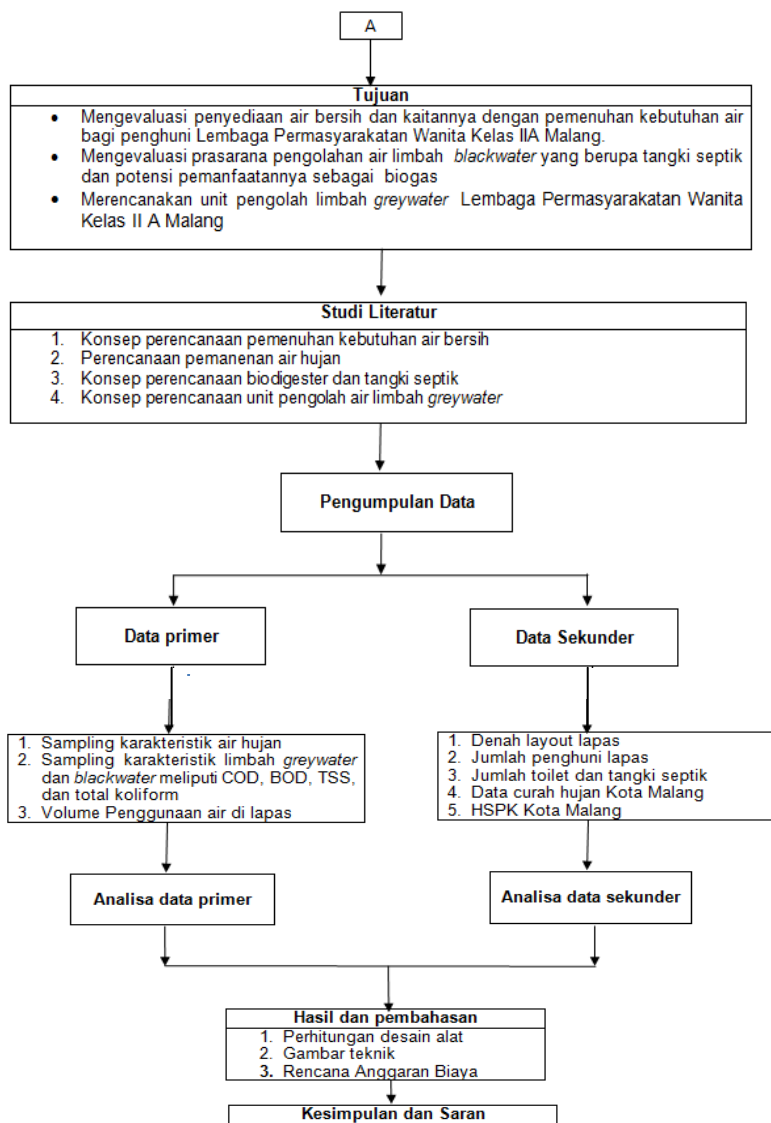
BAB 4

METODE PERENCANAAN

4.1 Umum

Secara umum perencanaan ini bertujuan untuk menganalisis serta mengevaluasi perihal prasarana air bersih, limbah *greywater* dan *blackwater* di Lapas Wanita Kelas II A Malang. Perencanaan ini nantinya akan dilengkapi solusi atas permasalahan yang ada berupa perencanaan pengelolaan air bersih, limbah *blackwater* dan *greywater*. Metode penelitian ini berisi rangkaian tahapan kegiatan dalam evaluasi yang disebut kerangka perencanaan. Kerangka perencanaan diharapkan dapat menjadi pedoman untuk mempermudah proses pengerjaan evaluasi serta perencanaan. Kerangka perencanaan dapat dilihat dalam Gambar 4.1.





Gambar 4. 1 Kerangka perencanaan

4.2 Ide Perencanaan

Ide perencanaan tugas akhir ini berasal dari terjadinya *over capacity* di Lapas Wanita Kelas II A Kota Malang. Pelonjakan jumlah narapidana mengakibatkan terjadi serangkaian permasalahan seperti tidak terpenuhinya kebutuhan akan air bersih. Selain itu permasalahan lain yang muncul adalah karena peningkatan limbah yang dihasilkan yang berupa limbah *blackwater* dan *greywater*. Peningkatan jumlah penghuni yang tidak diiringi dengan perbaikan prasarana, serta adanya keterbatasan biaya dari pengelola merupakan hal yang mendorong penulis untuk melakukan evaluasi ini.

4.3 Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan terdiri atas studi literatur, pengumpulan data, analisis data, pembahasan, perhitungan rencana anggaran biaya serta kesimpulan

4.3.1 Studi literatur

Studi literatur merupakan pedoman dasar literatur yang disusun dengan tujuan untuk menambah wawasan serta pemahaman akan penelitian yang akan dilakukan. Literatur yang digunakan bersumber dari jurnal penelitian nasional dan internasional, makalah, laporan tugas akhir, tesis, makalah seminar, peraturan pemerintah dan lain sebagainya yang berisi informasi mengenai evaluasi ini. Literatur yang dikaji meliputi konsep pemenuhan kebutuhan air bersih, pemanfaatan air hujan berupa sistem pemanenan air hujan, konsep perencanaan pengolahan limbah menjadi biogas menggunakan biodigester dan pengolahan *greywater* menggunakan beberapa alternatif pengolahan air limbah meliputi ABR, AF dan *wetland*.

4.3.2 Pengumpulan data

Data yang digunakan untuk mendukung evaluasi di Lapas Wanita Kota Malang ini terdiri atas:

A. Data Primer

Data primer yang digunakan untuk evaluasi dan perencanaan ini meliputi data kondisi eksisting yang diperoleh melalui survei lapangan secara langsung untuk mengetahui kondisi eksisting dari sistem penggunaan air

bersih dan pengolahan limbah di lapas. kemudian dilakukakn pengambilan data primer sebagai berikut:

1. Karakteristik air hujan di Kota Malang.
Data diperoleh dengan cara sampling air hujan. Sampel yang diambil kemudian diuji karakteristiknya di laboratorium. Parameter yang diuji adalah parameter fisik seperti kekeruhan, dan pH, selanjutnya parameter kimia meliputi kesadahan, BOD, dan COD, serta parameter biologi seperti Total Koliform.
2. Sampling karakteristik air limbah *greywater* dan *blackwater*
Sampling dilakukan pada outlet pipa penyalur limbah *greywater* dan inlet penampung limbah *blackwater* yaitu inlet tangki septik. sampel yang diambil kemudian diuji dalam laboratorium. Sampel diuji karakteristiknya meliputi parameter COD, BOD, suhu, TDS, TSS dan Total Koliform.
3. Pengukuran elevasi lapas menggunakan *software* pengukur ketinggian muka tanah.

B. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan untuk evaluasi ini terdiri dari:

1. Denah *layout* lapas yang digunakan untuk mengetahui tata letak tiap ruangan dan fasilitas yang tersedia.
2. Kondisi tangki septik yang tersedia di lapas. Data ini terkait dengan ukuran tangki septik yang digunakan terkait dengan kapasitas penampungannya serta jumlah toilet dan tangki septik yang didapatkan melalui kantor administrasi lapas.
3. Data jumlah penghuni lapas disertai dengan *trend* peningkatan penghuni lapas selama 5 tahun yang didapatkan melalui kantor administrasi lapas.
4. Data curah hujan Kota Malang yang diperoleh melalui situs BMKG kota Malang. Data yang diambil merupakan intensitas hujan Kota Malang

4.3.3 Analisis data

Data primer dan sekunder yang didapatkan diolah kemudian dianalisis. Data yang telah diolah selanjutnya dianalisis berdasarkan studi. Setelah proses analisis maka dapat dihasilkan suatu evaluasi dan perencanaan. Evaluasi dan perencanaan yang dikaji terkait aspek teknis dan aspek finansial (pembiayaan) dari kondisi eksisting di lapas.

4.3.4 Hasil evaluasi dan perencanaan

Evaluasi yang dihasilkan akan dibahas menggunakan teori serta penelitian terdahulu berdasarkan aspek terkait. Evaluasi dan perencanaan yang dilakukan meliputi :

1. Pemanfaatan air hujan sebagai air bersih

- Evaluasi penggunaan air bersih

Data kebutuhan air bersih dikaji dengan cara menghitung kebutuhan air bersih sesuai dengan volume penggunaan air yang dilihat dari meteran air di Lapas yang dilakukan dua kali dalam seminggu pada hari kerja dan akhir pekan (Sabtu dan Minggu) untuk dilihat fluktuasi penggunaan air.

- Perencanaan pemanfaatan air hujan sebagai air bersih

Data yang digunakan merupakan data curah hujan yang diambil dari data BMKG Kota Malang. Pemanfaatan air hujan dihitung berdasarkan jumlah bulan basah yaitu selama 6 bulan (November hingga April). Perhitungan dilakukan dengan mengalikan curah hujan dan luas atap sehingga nantinya dihitung volume tangki penampung air hujan. Selanjutnya data sampling karakteristik digunakan untuk menentukan pengolahan pada air hujan. Air hujan nantinya akan dimanfaatkan sebagai keperluan terbatas yaitu wudhu dan air untuk menyiram tanaman. Perhitungan dilengkapi pula dengan perhitungan penghematan biaya dan volume air yang digunakan dari PDAM.

2. Unit pengolahan limbah *blackwater*

- Evaluasi unit pengolahan limbah *blackwater*

Evaluasi yang dilakukan berkaitan dengan data jumlah tangki septik dan ukuran tangki septik yang diperoleh dari data sekunder. Evaluasi yang dilakukan meliputi dimensi tangki septik eksisting.

- Perencanaan pengolahan air limbah *blackwater*
 - Debit *blackwater*

Data yang digunakan dalam perhitungan debit limbah *blackwater* merupakan data penggunaan air bersih serta jumlah penghuni lapas. Limbah *blackwater* yang dihasilkan disalurkan melalui pipa menuju bak pengumpul yang nantinya akan masuk ke dalam bangunan *digester*.

- Dimensi biodigester

Selanjutnya akan dihitung dimensi bangunan *digester* dan perancangan penyaluran dari toilet menuju *digester*. Perhitungan dimensi ini didasarkan pada karakteristik limbah yang diuji di laboratorium. Data yang dikaji dalam perhitungan dimensi terkait BOD, COD, dan TSS. Perhitungan berikutnya adalah jumlah gas metan yang dihasilkan. Gas metan yang dihasilkan akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar memasak di dapur. Perencanaan dilengkapi dengan perhitungan penghematan biaya pembelian LPG serta gambar detail perencanaan. Perencanaan ini dilengkapi pula dengan perhitungan BOQ (*Bill of Quantity*) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya).

3. Unit pengolahan limbah *greywater*

- Perencanaan unit pengolah limbah *greywater*

Perencanaan unit pengolah limbah *greywater* dilakukan karena belum terdapat unit yang mengolah limbah *greywater* dalam lapas.

 - Debit *greywater*

Data yang digunakan dalam perhitungan debit limbah *greywater* merupakan data penggunaan air bersih serta jumlah penghuni lapas.

- Alternatif pengolahan
Alternatif pengolahan yang dipilih meliputi unit ABR (*Anaerobic Baffle Reactor*), AF (*Anaerobic Filter*) dan *constructed wetland*. Alternatif yang dikaji berupa efektifitas pengolahan (efisiensi removal air limbah), luas area yang diperlukan (*preliminary sizing*), kemudahan operasional dan perawatan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan. Dari ketiga alternatif akan dipilih satu unit pengolahan *greywater* yang akan dihitung detail dimensi dan jalur perpipaannya.
- Perhitungan dimensi unit pengolah limbah *greywater*

Perhitungan dimensi ini didasarkan pada karakteristik limbah yang diuji di laboratorium. Data yang dikaji dalam perhitungan dimensi terkait BOD, COD, dan TSS. Selanjutnya dirancang sistem penyaluran limbah *greywater* menuju unit pengolah *greywater*. Berikutnya dihitung dimensi unit berdasarkan waktu detensi serta efisiensi penyisihan beban organik. Perancangan disertai gambar perencanaan serta BOQ (*Bill of Quantity*) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya).

4. Gambar perencanaan

Gambar perencanaan yang tertera dalam Tugas Akhir ini berupa gambar perencanaan yang dibuat dengan kaidah gambar teknik. Gambar perencanaan ini dilengkapi detail gambar dan potongan memanjang dan potongan melintang dengan skala. Gambar teknik yang dibuat menggunakan aplikasi *Autocad*. Gambar perencanaan yang dibuat juga dilengkapi dengan denah penempatan unit serta profil hidrolis dari unit yang direncanakan.

4.3.5 Rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya dari proses evaluasi dan perencanaan ini dihitung sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK) Kota Malang.

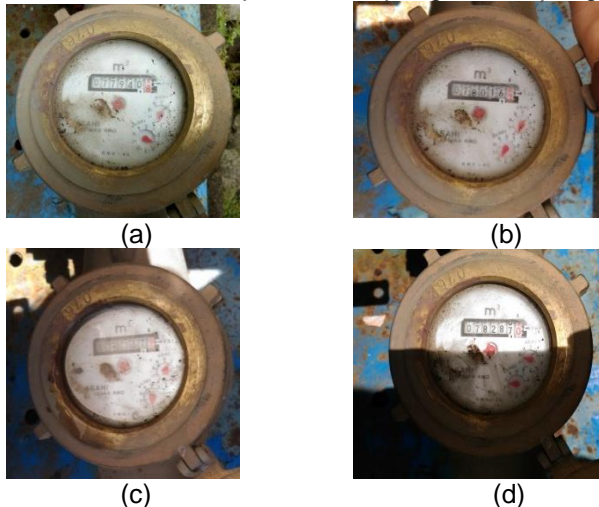
4.4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dihasilkan didasarkan pada data yang telah dianalisis. Isi dari kesimpulan menjawab tujuan dari evaluasi yang dilakukan. Saran yang diberikan dapat digunakan sebagai rekomendasi pada pihak lapas dalam penanganan permasalahan

BAB 5 PEMBAHASAN

5.1 Evaluasi Penggunaan Air Bersih

Air bersih yang digunakan di lapas wanita kota Malang berasal dari PDAM Kota Malang. Penggunaan air didapatkan dengan menggunakan data primer yaitu melalui pengamatan pada angka pengukuran meter air induk lapas. pengamatan pada meter air diambil untuk diketahui penggunaan air selama satu hari dengan cara melakukan pengamatan pada jam yang sama selama 4 hari berturut-turut. Pengamatan dilakukan pada *weekday* yaitu pada hari Senin dan Selasa pada pukul 11.00 WIB, serta pada *weekend* yaitu pada hari Sabtu dan Minggu pada pukul 11.00 WIB. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui rata-rata penggunaan air selama 1 hari baik saat *weekday* maupun *weekend*. Berikut merupakan hasil pengamatan penggunaan air.



Gambar 5. 1 Pengamatan meter air (a) *Weekday* Senin (b) *Weekday* Selasa (c) *Weekend* Sabtu (d) *Weekend* Minggu

Angka meter air pada hari Senin : 77940 m³
Angka meter air pada hari Selasa : 78016 m³

Maka penggunaan air selama satu hari saat *weekday*

$$78016 \text{ m}^3 - 77940 \text{ m}^3 = 76 \text{ m}^3$$

Angka meter air pada hari Sabtu : 78287 m^3

Angka meter air pada hari Minggu: 78367 m^3

Maka penggunaan air selama satu hari saat *weekend*

$$78367 \text{ m}^3 - 78287 \text{ m}^3 = 80 \text{ m}^3$$

Sehingga rata-rata penggunaan air selama satu hari ada 78 m^3 .

Pada tahun 2018 terdapat 517 orang narapidana dan 69 orang tahanan sehingga total penghuni lapas sebesar 586 orang. Sehingga kebutuhan air per-orang per hari didasarkan pada kapasitas maksimum orang, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Pemakaian air per orang} &= \frac{78 \text{ m}^3}{586 \text{ orang}} \\ &= 0,133 \text{ m}^3/\text{orang/hari} \\ &= 133 \text{ liter/orang/ hari}\end{aligned}$$

Tarif PDAM yang dikenakan berupa tarif khusus. Tarif khusus ini dikenakan atas perjanjian lapas dan PDAM. Tarif yang dikenakan adalah Rp 5.000,00/ m^3 . Sehingga kisaran pengeluaran air tiap bulan dapat dikalkulasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Volume penggunaan air dalam 1 bulan} &= 78 \text{ m}^3 \times 30 \text{ hari} \\ &= 2430 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya pengeluaran untuk PDAM} &= 2430 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 5.000,00 \\ &= \text{Rp } 12.150.000,00\end{aligned}$$

Biaya penggunaan PDAM terbilang besar sehingga dibutuhkan upaya penghematan air untuk mengurangi biaya penggunaan PDAM. Hal ini dikarenakan terbatasnya anggaran yang diberikan untuk lapas sehingga perlu digunakan sumber lain untuk mengurangi penggunaan air PDAM

5.2 Perencanaan Pemanenan Air Hujan

Salah satu cara penghematan air PDAM adalah menggunakan air hujan sebagai alternatif sumber air bersih. Air hujan merupakan salah satu sumber air yang besar dan dapat dimanfaatkan. Hal ini merupakan salah satu penerapan *green technology* yang sudah dimanfaatkan di berbagai negara. Selain itu, curah hujan di Kota Malang termasuk besar sehingga teknologi ini cocok bila diterapkan di lapas wanita kota Malang.

Pemanfaatan air hujan selama musim kemarau diharapkan dapat menghemat penggunaan air PDAM. Air hujan yang

dipanen menggunakan pemanenan sistem atap. Air hujan yang dipanen direncanakan sebagai air wudhu sehingga diletakkan di dekat tempat wudhu di lapas. Penggunaan air hujan sebagai air wudhu dimaksudkan karena sebagian besar narapidana memeluk agama islam sehingga penggunaan air untuk wudhu juga besar. Jumlah narapidana dan tahanan yang memeluk agama islam sebanyak 513 orang dan jumlah petugas yang muslim adalah sejumlah 94 orang. Kegiatan shalat berjamaah dilakukan saat shalat dzuhur dan shalat ashar, sehingga pada perencanaan ini hanya dihitung penggunaan air saat shalat dzuhur dan azhar.

5.2.1 Karakteristik air hujan

Sampel air hujan diambil melalui talang air lapas yang dekat dengan keran wudhu. Hal ini bertujuan agar kualitas air hujan dapat diketahui sehingga dapat dipilih pengolahan yang tepat sebelum air hujan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Sampel ini kemudian dianalisa di dalam laboratorium. Berikut hasil analisis laboratorium yang ditampilkan dalam Tabel 5.1

Tabel 5. 1 Karakteristik Air Hujan

parameter	satuan	Syarat air bersih (PERMENKES RI No: 416 MENKES/PER/IX/90	hasil analisa
UJI FISIKA			
Warna	Unit PtCo	50	40
Bau		tak berbau	tidak berbau
kekeruhan	NTU	25	2,9
TDS	mg/L	1500	28
Suhu		suhu udara	24
DHL		-	22
UJI KIMIA			
a. Kimia anorganik			
Ph		6,5-9	7,5

kesadahan total	mg/L CaCO_3	500	0
Khlorida	mg/L Cl^-	600	4
Sulfat	mg/L	400	2,56
Nitrat	mg/L	10	0,35
Nitrit	mg/L	1	0,032
Amonia	mg/L	-	1,18
Besi	mg/L	1	0,1
Mangan	mg/L	0,5	0
Timbal	mg/L	0,05	0
Seng	mg/L	15	0
Kromium	mg/L	0,05	0
Fluorida	mg/L	1,5	0
Arsen	mg/L	0,05	0
Raksa	mg/L	0,001	0
Kadmium	mg/L	0,005	0
Selenium	mg/L	0,01	0
Sianida	mg/L	0,1	0
b. Kimia organik			
bilangan KmnO_4	mg/L KmnO_4	10	13,81
Deterjen	mg/L	0,5	0
UJI MIKROBIOLOGI			
total koliform	MPN/100 mL	50	160

Sumber: Hasil analisis, 2018

Dari hasil analisis laboratorium dari sampel yang diambil dari talang air lapas dapat diketahui bahwa air hujan memiliki kualitas yang masih baik. Nilai bilangan KMNO_4 terbilang besar akibat adanya zat organik berupa potongan daun maupun kotoran lain pada atap maupun talang.

5.2.2 Curah hujan kota malang

Data stasiun hujan yang diambil dalam tugas akhir ini adalah stasiun Sukun, Malang. Pemilihan stasiun Sukun berdasarkan lokasi lapas yang berada di Kecamatan Sukun kota Malang, sehingga data dari stasiun Sukun merupakan data curah hujan yang paling sesuai untuk digunakan. Pada Tabel 5.2 ditampilkan data curah hujan Stasiun Sukun pada 10 tahun terakhir.

Tabel 5. 2 Rata-Rata Data Curah Hujan Stasiun Sukun Tiap Bulan

No	Tahun	Rata-rata Curah hujan (mm/bulan)
1	2008	193
2	2009	201
3	2010	342
4	2011	202
5	2012	187
6	2013	263
7	2014	188
8	2015	164
9	2016	275
10	2017	194

Sumber: BMKG Kota Malang,2018

Pada Tabel 5.2 dapat diketahui bahwa curah hujan paling tinggi pada tahun 2010, sehingga data yang diambil adalah data tahun 2010. Berikut ditampilkan data jumlah curah hujan tiap bulan pada tahun 2010 pada Tabel 5.3

Tabel 5. 3 Jumlah Data Curah Hujan Stasiun Sukun Tiap Bulan Pada Tahun 2010

No	Bulan	Curah hujan (mm)
1	Januari	699
2	Februari	349
3	Maret	342
4	April	475

No	Bulan	Curah hujan (mm)
5	Mei	437
6	Juni	109
7	Juli	88
8	Agustus	101
9	September	444
10	Oktober	126
11	November	519
12	Desember	410

Sumber: BMKG Kota Malang,2018

Dari Tabel 5.3 dapat diketahui bahwa data curah hujan yang paling tinggi pada tahun 2010 terdapat pada bulan Januari. Sehingga data bulan Januari digunakan sebagai acuan perhitungan sistem pemanenan air hujan. Data Penggunaan data curah hujan yang paling tinggi dimaksudkan agar perhitungan dimensi dari perangkat pemanenan air hujan dapat menampung air hujan pada saat keadaan maksimum.

Setelah diketahui jumlah curah hujan tertinggi pada tahun 2010 berikutnya dilakukan pengambilan data curah hujan per-hari dalam bulan Januari 2010. Data ini nantinya akan digunakan dalam perhitungan dimensi reservoir air hujan. Data curah hujan per-hari dalam bulan Januari dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Curah Hujan Stasiun Sukun Per-hari Pada Bulan Januari 2010

tanggal	curah hujan (mm)	Tanggal	curah hujan (mm)
1	24	17	0
2	78	18	0
3	55	19	34
4	0	20	0
5	0	21	21
6	35	22	19

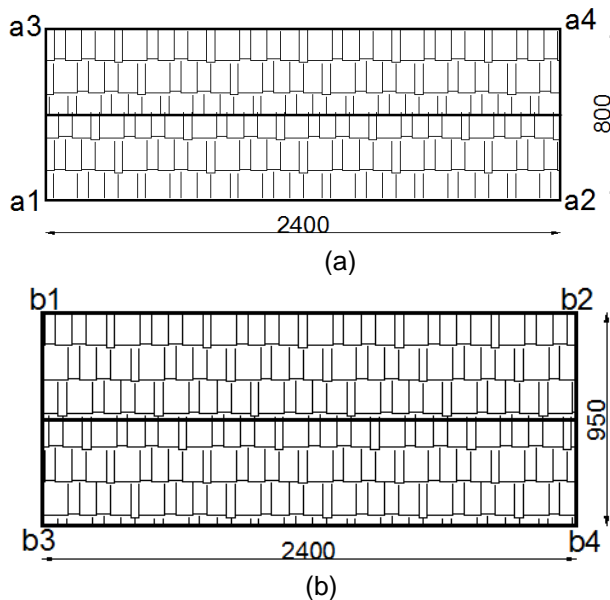
tanggal	curah hujan (mm)	Tanggal	curah hujan (mm)
7	103	23	0
8	0	24	0
9	4	25	23
10	56	26	13
11	2	27	47
12	16	28	27
13	2	29	58
14	6	30	58
15	4	31	14
16	0		

Sumber: BMKG Kota Malang, 2018

5.2.3 Perhitungan dimensi reservoir dan talang air

Dimensi reservoir dihitung berdasarkan curah hujan pada bulan Januari 2010. Air hujan ditampung lewat atap menuju talang sehingga harus diketahui luas atap dari bangunan lapas. Atap yang ada di dalam lapas yaitu atap jenis pelana dan dengan bahan penutup atap dengan bahan berupa genteng. Pada perencanaan kali ini reservoir yang dipasang berupa *elevated reservoir* yang nantinya akan disambungkan pada pipa air wudhu. Tempat wudhu yang tersedia berada pada mushola dan pada sisi depan dan belakang blok I. Keran air wudhu pada blok I digunakan untuk kegiatan shalat berjamaah di aula saat kegiatan pembinaan agama islam berlangsung. Sehingga pada perencanaan kali ini akan diukur luas atap dari blok I dan atap mushola.

Perhitungan curah hujan yang dilakukan berdasarkan luas proyeksi atap. Atap diproyeksikan ke atas sehingga didapatkan lebar miring atap yang terproyeksi. Hal ini dilakukan dengan didasarkan sesuai dengan prosedur pengukuran curah hujan, dimana curah hujan yang jatuh di penampang atas alat (*rain gauge*) yang akan tercatat. Berikut ditampilkan gambar proyeksi atap blok I pada Gambar 5.2 (a) dan gambar proyeksi atap musholla pada Gambar 5.2 (b).



Gambar 5. 2 (a) Proyeksi Atap blok I (b) Proyeksi atap musholla

1. Perhitungan luas atap blok I

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang atap} &= 25,2 \text{ meter} \\
 \text{Kemiringan atap} &= 30^0 \\
 \text{Ketinggian atap} &= 2,3 \text{ meter} \\
 \text{Lebar proyeksi atap} &= 2,3 / \tan 30^0 \\
 &= 3,98 \text{ meter} = 4 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perhitungan luas atap} &= 2 \times (\text{panjang atap} \times \text{lebar proyeksi atap}) \\
 &= 2 \times (25,2 \times 4) \\
 &= 201,6 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan luas atap musholla

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang atap} &= 25,2 \text{ meter} \\
 \text{Kemiringan atap} &= 30^0 \\
 \text{Ketinggian atap} &= 2,74 \text{ meter} \\
 \text{Lebar proyeksi atap} &= 2,74 / \tan 30^0 \\
 &= 4,745 \text{ meter} = 4,75 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\text{Perhitungan luas atap}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times (\text{panjang atap} \times \text{lebar proyeksi atap}) \\
 &= 2 \times (25,2 \times 4,75) \\
 &= 239,4 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan luas dari atap sehingga dapat dihitung kapasitas reservoir. Perencanaan penggunaan air hujan adalah selama periode hujan yaitu selama 6 bulan. Hal ini dikarenakan hujan maksimum umumnya terjadi pada 6 bulan saja yaitu pada bulan November-April.

Menurut Ahmad (2013) kebutuhan wudhu dalam 1 hari adalah sebesar 15 L/orang.hari. Pada lapas keran air wudhu umum digunakan saat kegiatan shalat berjamaah. Shalat berjamaah dilaksanakan saat dzuhur dan azhar, sehingga kebutuhan air untuk wudhu di tempat wudhu umum yang dihitung adalah sebanyak 2 kali kegiatan shalat. Sehingga perhitungan kebutuhan air adalah sebagai berikut:

Kebutuhan air setiap kali wudhu

$$\begin{aligned}
 &\frac{\text{Kebutuhan air wudhu dalam satu hari}}{\text{Jumlah kegiatan shalat wajib}} \\
 &= \frac{15 \frac{\text{L}}{\text{org}} \cdot \text{hari}}{5}
 \end{aligned}$$

$$= 3 \text{ Liter/orang.hari}$$

Kebutuhan air yang digunakan untuk dua kali kegiatan shalat

$$= 2 \times \text{Kebutuhan air setiap kali wudhu}$$

$$= 2 \times 3 \text{ Liter/orang.hari}$$

$$= 6 \text{ Liter/orang.hari}$$

Berikut contoh perhitungan dimensi reservoir blok I:

- Jumlah pemeluk agama islam

$$= 513 \text{ warga binaan perempuan} + 92 \text{ petugas}$$

$$= 605 \text{ orang}$$

- Menghitung inflow (volume air hujan yang tertampung) dengan rumus 2.3

$$= \text{Curah hujan} \times \text{luas atap} \times \text{koefisien run-off}$$

$$= \text{Curah hujan} \times 201,6 \text{ m}^2 \times 80\%$$

$$= 3,87 \text{ m}^3$$

- Outflow (kebutuhan air wudhu)

$$= \text{Kebutuhan wudhu} \times \text{jumlah pemeluk agama islam}$$

$$= 0,006 \text{ m}^3/\text{org.hari} \times 605 \text{ orang}$$

$$= 3,63 \text{ m}^3 \text{ hari}$$

$$\text{Inflow-outflow} = 3,87 \text{ m}^3 - 3,63 \text{ m}^3 = 0,24 \text{ m}^3$$

Pada Tabel 5.5 disajikan perhitungan dimensi reservoir untuk area blok I secara lengkap.

Tabel 5. 5 Perhitungan Dimensi Reservoir Blok I bulan Januari 2010

tanggal	curah hujan (mm)	luas atap (m ²)	inflow	Akumulasi inflow (m ³)	outflow	akumulasi outflow (m ³)	in-out
1	24	201,60	3,87	3,87	3,63	3,63	0,24
2	78	201,60	12,58	16,45	3,63	7,26	9,19
3	55	201,60	8,87	25,32	3,63	10,89	14,43
4	0	201,60	0,00	25,32	3,63	14,52	10,80
5	0	201,60	0,00	25,32	3,63	18,15	7,17
6	35	201,60	5,64	30,97	3,63	21,78	9,19
7	103	201,60	16,61	47,58	3,63	25,41	22,17
8	0	201,60	0,00	47,58	3,63	29,04	18,54
9	4	201,60	0,65	48,22	3,63	32,67	15,55
10	56	201,60	9,03	57,25	3,63	36,30	20,95
11	2	201,60	0,32	57,58	3,63	39,93	17,65
12	16	201,60	2,58	60,16	3,63	43,56	16,60
13	2	201,60	0,32	60,48	3,63	47,19	13,29
14	6	201,60	0,97	61,45	3,63	50,82	10,63
15	4	201,60	0,65	62,09	3,63	54,45	7,64
16	0	201,60	0,00	62,09	3,63	58,08	4,01
17	0	201,60	0,00	62,09	3,63	61,71	0,38
18	0	201,60	0,00	62,09	3,63	65,34	-3,25
19	34	201,60	5,48	67,58	3,63	68,97	-1,39
20	0	201,60	0,00	67,58	3,63	72,60	-5,02
21	21	201,60	3,39	70,96	3,63	76,23	-5,27
22	19	201,60	3,06	74,03	3,63	79,86	-5,83
23	0	201,60	0,000	74,028	3,63	83,5	-9,46

tanggal	curah hujan (mm)	luas atap (m ²)	inflow	Akumulasi inflow (m ³)	outflow	akumulasi outflow (m ³)	in-out
24	0	201,60	0,000	74,028	3,63	87,1	-13,09
25	23	201,60	3,709	77,737	3,63	90,8	-13,01
26	13	201,60	2,097	79,834	3,63	94,4	-14,55
27	47	201,60	7,580	87,414	3,63	98,0	-10,60
28	27	201,60	4,355	91,768	3,63	101,6	-9,87
29	58	201,60	9,354	101,123	3,63	105,3	-4,15
30	58	201,60	9,354	110,477	3,63	108,9	1,58
31	14	201,60	2,258	112,735	3,63	112,5	0,20
MAKSIMUM							22,168
MINIMUM							-14,546
VOLUME RESERVOIR (m ³ /bulan)							36,714
VOLUME RESERVOIR (m ³ /hari)							1,184

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada perencanaan kali ini digunakan reservoir dengan bahan *stainless steel*. Pemilihan bahan ini karena *stainless steel* memiliki keindahan dan tingkat kekuatan yang tinggi, aman dan higienis. Berikut merupakan dimensi dari tandon air *stainless steel* di pasaran yang ditampilkan dalam Tabel 5.6

Tabel 5. 6 Dimensi Tandon Air di Pasaran

No	Item	Tinggi tangki (mm)		Diameter (mm)		Diameter pipa	
		PK	TK	Tangki	Tutup kecil	inlet	outlet
1	T. 500	1215	1082	700	405	3/4"	3/4"
2	T. 1000	1255	1125	950	405	3/4"	3/4"
3	T. 1200	1430	1315	950	405	3/4"	3/4"
4	T. 1500	1754	1610	950	405	3/4"	3/4"
5	T. 1800	2020	1900	950	405	3/4"	3/4"

No	Item	Tinggi tangki (mm)		Diameter (mm)		Diameter pipa	
		PK	TK	Tangki	Tutup kecil	inlet	outlet
6	T. 2000	2230	2110	950	405	3/4"	3/4"

Pada perencanaan didapatkan dimensi reservoir sebesar $1,083 \text{ m}^3$ atau sebesar 1184 L, maka digunakan reservoir dengan kapasitas 1200 liter dengan tipe T-1200. Sehingga dimensi reservoir blok I adalah:

Diameter = 0,95 m

Tinggi = 1,315 m

Berikutnya ditampilkan perhitungan untuk dimensi reservoir di musholla pada Tabel 5.7

Tabel 5. 7 Perhitungan Dimensi Reservoir Musholla pada bulan Januari 2010

tanggal	curah hujan (mm)	luas atap (m^2)	inflow	Akumulasi inflow (m^3)	outflow	akumulasi outflow (m^3)	in-out
1	24	239,40	4,60	4,60	3,63	3,63	0,97
2	78	239,40	14,94	19,54	3,63	7,26	12,28
3	55	239,40	10,53	30,07	3,63	10,89	19,18
4	0	239,40	0,00	30,07	3,63	14,52	15,55
5	0	239,40	0,00	30,07	3,63	18,15	11,92
6	35	239,40	6,70	36,77	3,63	21,78	14,99
7	103	239,40	19,73	56,50	3,63	25,41	31,09
8	0	239,40	0,00	56,50	3,63	29,04	27,46
9	4	239,40	0,77	57,26	3,63	32,67	24,59
10	56	239,40	10,73	67,99	3,63	36,30	31,69
11	2	239,40	0,38	68,37	3,63	39,93	28,44
12	16	239,40	3,06	71,44	3,63	43,56	27,88
13	2	239,40	0,38	71,82	3,63	47,19	24,63
14	6	239,40	1,15	72,97	3,63	50,82	22,15
15	4	239,40	0,77	73,74	3,63	54,45	19,29

tanggal	curah hujan (mm)	luas atap (m ²)	inflow	Akumulasi inflow (m ³)	outflow	akumulasi outflow (m ³)	in-out
16	0	239,40	0,00	73,74	3,63	58,08	15,66
17	0	239,40	0,00	73,74	3,63	61,71	12,03
18	0	239,40	0,00	73,74	3,63	65,34	8,40
19	34	239,40	6,51	80,25	3,63	68,97	11,28
20	0	239,40	0,00	80,25	3,63	72,60	7,65
21	21	239,40	4,02	84,27	3,63	76,23	8,04
22	19	239,40	3,64	87,91	3,63	79,86	8,05
23	0	239,40	0,000	87,908	3,63	83,5	4,42
24	0	239,40	0,000	87,908	3,63	87,1	0,79
25	23	239,40	4,405	92,313	3,63	90,8	1,56
26	13	239,40	2,490	94,802	3,63	94,4	0,42
27	47	239,40	9,001	103,804	3,63	98,0	5,79
28	27	239,40	5,171	108,975	3,63	101,6	7,33
29	58	239,40	11,108	120,083	3,63	105,3	14,81
30	58	239,40	11,108	131,191	3,63	108,9	22,29
31	14	239,40	2,681	133,872	3,63	112,5	21,34
MAKSIMUM							31,690
MINIMUM							0,422
VOLUME RESERVOIR (m3/bulan)							31,690
VOLUME RESERVOIR (m3/hari)							1,022

Sumber: Hasil perhitungan

Pada perencanaan didapatkan dimensi reservoir sebesar 1,022 m³ atau sebesar 1022 L, maka digunakan reservoir dengan kapasitas 1200 liter dengan tipe T-1200. Sehingga dimensi reservoir musholla adalah:

Diameter = 0,95 m

Tinggi = 1,315 m

- Perhitungan Dimensi Talang Air

Perhitungan dimensi talang air mengacu SNI 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing. Perhitungan dimensi talang air perlu diketahui intensitas hujan, untuk itu perlu diketahui hari hujan maksimum.

- Curah Hujan Harian Maksimum (HHM)

Sebelum menghitung intensitas hujan untuk menghitung dimensi talang sebagaimana yang ada dalam SNI 03-7065-2005, maka perlu diketahui Hari hujan maksimum (HHM). Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan maksimum adalah Metode Gumbel. Peringkat data hujan tercantum dalam Tabel 5.8

Tabel 5. 8 Data curah hujan

No	Ri	Ri-R	(Ri-R)^2
1	342	121,10	14665,210
2	275	54,10	2926,810
3	263	42,10	1772,410
4	202	-18,90	357,210
5	201	-19,90	396,010
6	194	-26,90	723,610
7	193	-27,90	778,410
8	188	-32,90	1082,410
9	187	-33,90	1149,210
10	164	-56,90	3237,610
Jumlah	2209,00	Jumlah	27088,900
Rata-Rata	220,90		

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel 5.15 diatas kemudian ditentukan

1. Standar Deviasi (Or) = 54,862

2. Untuk $n=10$ dari *Table of Reduced Mean* (Y_n) dan *Reduced Standard Deviation* (σ) didapatkan:

$$\Sigma_{10} = 0.9496$$

$$Y_{10} = 0.4952$$

Curah hujan harian maksimum dihitung dengan menggunakan rumus :

$$R_T = R + \sigma_{Rsn} (Y_t - Y_n)$$

Dimana

Σ_n = Reduced Standard Deviation

Y_t = Reduced Variated yang merupakan fungsi dari masa ulang T_R

Y_n = Reduced Mean yang merupakan fungsi ` banyak data

Peraturan menteri pekerjaan umum Nomor 14 /PRT/M/2010 tentang standar pelayanan minimal bidang pekerjaan umum dan penataan ruang mengatur perencanaan saluran drainase menggunakan periode ulang hujan (PUH) 2 kali setahun. Berdasarkan acuan tersebut, maka untuk perencanaan perpipaan air hujan digunakan PUH yang lebih kecil yaitu 1.5 tahun.

Perhitungan nilai Y_T untuk PUH 1.5 tahun :

$$Y_T = -\ln(-\ln(1-1/T))$$

$$Y_T = -\ln(-\ln(1-1/1.5))$$

$$Y_T = -0.094$$

Perhitungan curah hujan harian maksimum :

$$R_T = R + \frac{\sigma}{\Sigma_n} (Y_t - Y_n)$$

$$R_T = 220,90 + \frac{24,882}{0,9496} (-0.094 - 0.4952)$$

$$R_t = 186,86 \text{ mm}$$

- Intensitas Hujan dengan Rumus Mononobe

Nilai curah hujan harian maksimum hasil perhitungan diatas digunakan untuk menentukan intensitas hujan yang jatuh ke atap bangunan. Rumus yang digunakan dalam perhitungan intensitas adalah persamaan mononobe Kemudian menghitung lamanya hujan, yaitu waktu yang diperlukan air dari atap bangunan untuk sampai ke perpipaan air hujan.

Contoh perhitungan:

Blok I

Lebar atap = 4 meter (satu sisi atap)

Ketinggian atap = 2,3 meter

$$\text{Lebar miring atap (L}_0\text{)} = \sqrt{2,3^2 + 4^2} \\ = 4,61 \text{ meter} = 15,12 \text{ ft}$$

Kemiringan atap = 57,7%

$$\begin{aligned} \text{Menentukan } T_c &= 0,0078 \times L_0^{0,77} \times 0,577^{-0,385} \\ &= 0,0078 \times 15,12^{0,77} \times 0,577^{-0,385} \\ &= 0,78 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Menentukan I} &= \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \\ &= \frac{196,96}{24} \times \left(\frac{24}{0,78} \right)^{2/3} \\ &= 79,21 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Intensitas hujan dirangkum dalam Tabel 5.9

Tabel 5. 9 Intensitas hujan untuk tiap bangunan

Gedung	Segmen	Lo (m)	R (mm)	N	So	T _c (menit)	I (mm/jam)
Blok 1	a1-a2	4,61	186,6	0.01	0,577	0,78	79,21
	a2-a4	4,61	186,6	0.01	0,577	0,78	79,21
Musholla	b1-b2	5,48	186,6	0.01	0,577	0,89	70,25
	b3-b4	5,48	186,6	0.01	0,577	0,89	70,25

Sumber: Hasil perhitungan

- Talang Horizontal

Pada perencanaan sistem perpipaan air hujan akan dirancang pipa talang (pipa datar) dan pipa tegak dengan acuan SNI 8153-2015. Faktor yang mempengaruhi dalam perencanaan dimensi talang horizontal atap adalah nilai intensitas hujan dan luasan atap. Pada blok I dan musholla tidak terdapat talang, sehingga butuh direncanakan perhitungan dimensi talang



Gambar 5. 3 Kondisi atap Blok I yang tidak dilengkapi talang air hujan

Semakin besar intensitas hujan dan luasan atap maka semakin besar pula dimensi talang horizontal karena beban air hujan yang harus dialirkan juga semakin besar. Penentuan diameter talang horizontal berdasarkan pada Tabel 3.11 dengan kemiringan sebesar 0,5% .Pada Tabel 5.10 tercantum dimensi talang horizontal atap yang direncanakan.

Tabel 5. 10 Pipa talang atap direncanakan

Gedung	Segmen	Beban Intensitas (mm/jam)	Luas Atap (m ²)	Kemiringan talang horizontal	Diameter talang (mm)	Panjang talang (m)
Blok 1	a1-a2	79,21	221,28	0,5%	150	24
	a2-a4	79,21	221,28	0,5%	150	8
	a3-a4	158,42	221,28	0,5%	200	24
Mushola	b1-b2	70,25	263,04	0,5%	150	24
	b2-b4	70,25	263,04	0,5%	150	9,5
	b3-b4	140,5	263,04	0,5%	200	24

Sumber: Hasil perhitungan

5.2.4 Perencanaan filter air hujan

Pada perencanaan kali ini sebelum menuju pipa air minum pipa disalurkan dalam filter air untuk meremoval beberapa bahan pencemar yang melebihi baku mutu dan untuk memperbaiki kualitas air.

- Analisa Ayakan Media Filter

Direncanakan :

Media Penyaring

A. Antrasit

- Ss = 1,5
- ψ (shape faktor) = 0,7
- Porositas (f) = 0,48

B. Pasir

- Ss = 2,65
- ψ (shape faktor) = 0,83
- Porositas (f) = 0,4

C. Kerikil

- Ss = 2,65
- ψ (shape faktor) = 0,98
- Porositas (f) = 0,38

Perhitungan :

A. Media Pasir

Dalam perencanaan media penyaring, mula – mula dilakukan analisa untuk menentukan ukuran butiran dan distribusi dari ukuran tersebut. Analisa dilakukan berdasarkan pada data stok pasir tersedia.

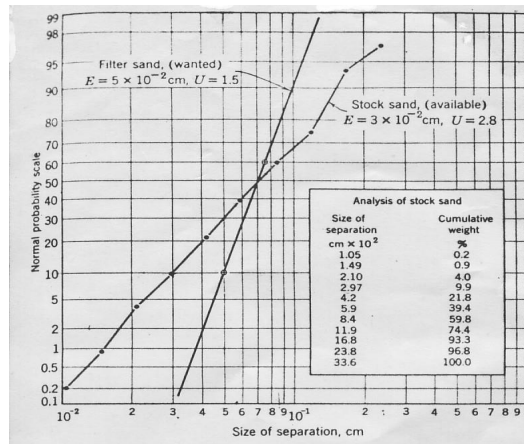
Tabel 5. 11 Data stok pasir untuk media filter

No. Ayakan	D. Media (x0,01 cm)	% Media Tertahan	% Kumulatif Media Tertahan	% Kumulatif Media Lolos
4	47,5	0	0	100
10	20	0,3	0,3	99,94
18	8,4	19,7	10	96
40	4,25	332,7	352,7	24,46
60	2,5	128,3	481	3,8
100	1,5	15,5	496,5	0,7
200	0,75	0,6	499,4	0,12

Sumber : Selintung, Mary & Syahrir, Suryani. 2012

Kemudian dari data-data tersebut, hasil ayakan diplotkan pada kertas semilog dengan diameter butir pada sumbu

horizontal (Skala log) dan prosentase butir-butir tanah yang lolos ayakan diplotkan pada sumbu vertikal (skala linier). Berikut adalah hasil pengeplotan :



Gambar 5. 4 Grafik *probability*
Sumber: Fair, Geyer dan Okun, 1981

Dari data – data pada kumultaif % tanah yang lolos dimasukkan pada grafik *probability*. Berdasarkan hasil pengeplotan data stok pasir pada grafik *probability* diperoleh hasil sebagai berikut :

- a. ES (*Effective Size*)
 D_{10} (diameter dimana 10% dari total berat pasir terdiri dari butiran dengan diameter sama dan lebih kecil dari diameter tersebut). $D_{10} = 2,95.10^{-2}$ cm.
- b. D_{60}
 Merupakan diameter dimana 60% dari total berat pasir terdiri dari butiran yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter tersebut. $D_{60} = 8,45.10^{-2}$ cm.
- c. UC (*Uniform Coefficient*)
 Yaitu angka keseragaman media yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60% fraksi berat terhadap ukuran efektif diameter.

$$UC = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{8,45 \cdot 10^{-2} \text{ cm}}{2,95 \cdot 10^{-2} \text{ cm}} = 2,86 \text{ (Tidak OK!, karena}$$

besaran UC terlalu besar untuk ukuran dual media bagi pasir pada rapid sand filter).

Karena UC tidak memenuhi kriteria, maka direncanakan pasir filter sebagai berikut :

1. Pasir Filter

Direncanakan pasir dengan $UC = 1,5$ (karena diperkirakan ukuran ini memenuhi ukuran pasir dalam sistem dual media)

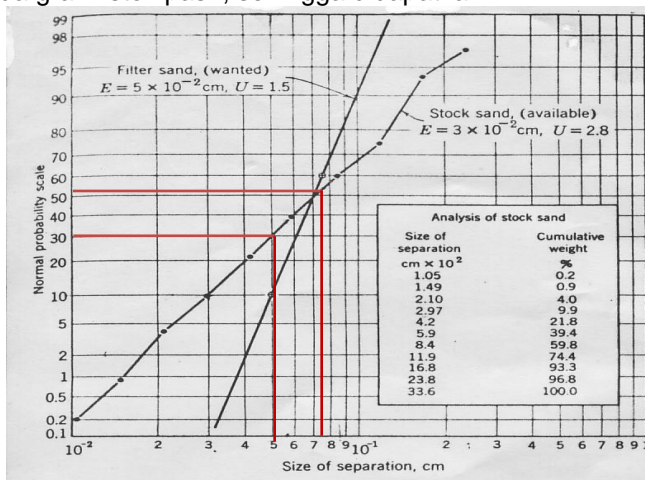
$$UC = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$ES = D_{10} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$

$$\text{sehingga : } D_{60} = UC \times ES = 1,5 \times 5 \cdot 10^{-2} \text{ cm} = 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$

2. Prosentase Pasir Filter

Nilai D_{10} dan D_{60} dari pasir yang direncanakan tersebut, diplotkan pada grafik dan hubungan secara garis lurus. Grafik tersebut adalah grafik pasir yang diinginkan. Kemudian ditarik garis vertikal dari ukuran D_{10} dan D_{60} pasir filter yang diinginkan pada grafik stok pasir, sehingga didapatkan :



$$D_{10} = 30\% \text{ (prosentase pasir dengan diameter } < 5 \cdot 10^{-2} \text{ cm)}$$

$$D_{60} = 52\% \text{ (prosentase pasir dengan diameter } < 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ cm)}$$

3. Prosentase pasir yang digunakan

$$P_{\text{usable}} = 2.(\% D_{60} - \% D_{10})$$

$$P_{\text{usable}} = 2.(52\% - 30\%)$$

$$P_{\text{usable}} = 2.(22\%) = 44\%$$

4. Prosentase pasir halus

$$P_{\text{too fine}} = (\% D_{10}) - (0,1 P_{\text{usable}})$$

$$P_{\text{too fine}} = (30\%) - (0,1 \cdot 44\%) = 25,6\%$$

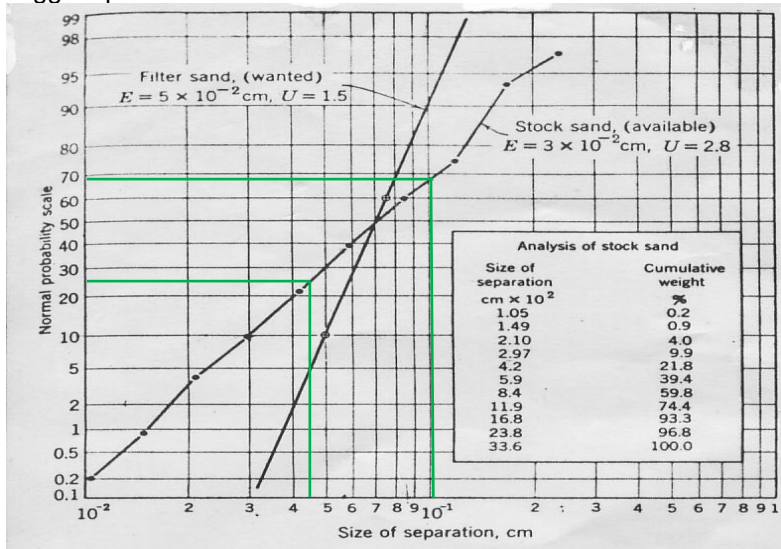
5. Prosentase pasir kasar

$$P_{\text{too coarse}} = P_{\text{usable}} + P_{\text{too fine}}$$

$$= 44\% + 25,6\%$$

$$= 69,6\%$$

Dari grafik pasir yang ada, dicari diameter pasir dengan presentase $P_{\text{too fine}}$ dan $P_{\text{too coarse}}$ yang didapat dari perhitungan, sehingga diperoleh :



$$P_{\text{too fine}} = 25,6\% \rightarrow \emptyset \text{ pasir} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$

$$P_{\text{too coarse}} = 69,6\% \rightarrow \emptyset \text{ pasir} = 1 \cdot 10^{-1} \text{ cm}$$

Maka pasir yang digunakan untuk filter adalah :

$$4,5 \cdot 10^{-2} \text{ cm} < \emptyset \text{ pasir} < 1 \cdot 10^{-1} \text{ cm}$$

Kemudian dilakukan perhitungan \emptyset pasir yang memenuhi persyaratan dengan fraksi berat masing-masing diameter. Berikut ini Tabel 5.12 yang menjelaskan distribusi media pasir :

Tabel 5. 12 Fraksi Pasir yang Digunakan

Diameter (10^{-2} cm)	% Berat	% Fraksi Terhadap Stock	% Fraksi Terhadap Media Filter
4,5	25,6		
		13,8	31,36
5,9	39,4		
		20,4	46,36
8,4	59,8		
		9,8	22,28
10	69,6		
JUMLAH		44	100

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan Tabel :

- Kolom 2 = dari grafik probability (kumulatif weight)
- Kolom 3 = selisih antara % berat d_2 dan d_1
- Kolom 4 = %fraksi stok /Jumlah % fraksi stok

B. Media Antrasit

Media pasir direncanakan menggunakan dual media yaitu pasir dan antrasit, maka 31,36% media pasir diganti dengan media antrasit pada bagian atas, dan dengan diameter pasir yang diganti adalah $4,5 \cdot 10^{-2}$ cm sampai dengan $5,9 \cdot 10^{-2}$ cm.

Diameter media antrasit pengganti

$$d_a = d_p \frac{\psi_p}{\psi_a} \left(\frac{\rho_p - 1}{\rho_a - 1} \right)^{1/2}$$

dimana:

ψ_p = shape pasir (0,8)

ψ_a = shape antrasit (0,7)

ρ_p = densitas pasir (2,65)

ρ_a = densitas antrasit (1,5)

Antrasit ini digunakan agar tujuan dari kedalaman filter media untuk meremoval suspended solid dapat tercapai. Dengan menggunakan persamaan berikut:

Untuk diameter pasir (d_p) = $4,5 \cdot 10^{-2}$ cm

$$d_a = 4,5 \cdot 10^{-2} \times \frac{0,8}{0,7} \left(\frac{2,65 - 1}{1,5 - 1} \right)^{1/2} = 9,34 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$

Untuk diameter pasir (d_a) = $5,9 \cdot 10^{-2}$ cm

$$d_a = 5,9 \cdot 10^{-2} \times \frac{0,8}{0,7} \left(\frac{2,65 - 1}{1,5 - 1} \right)^{1/2} = 12,25 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$

Dengan demikian diketahui media antrasit pengganti memiliki diameter antara $9,34 \cdot 10^{-2}$ cm sampai $12,25 \cdot 10^{-2}$ cm. Selanjutnya dapat diketahui distribusi fraksi media yang digunakan melalui Tabel 5.13 berikut:

Tabel 5. 13 Fraksi Antrasit yang Digunakan

Media	Diameter (10^{-2} Cm)	Tebal (Cm)	% Fraksi (Pi)	Geometric Mean Size Di (10^{-2} Cm)	Pi/Di ²
ANTRASIT	9,34		100	10,69	87,51
	12,25	31,36			
		31,36			87,51
PASIR	8,4	46,36	67,54	7	137,84
			32,46	9,17	28,25
	10	22,28			
			100		

Sumber : Hasil Perhitungan

Pi = Tebal media dengan diameter tertentu

Tebal media tertentu total

Geometric Mean Size = diameter rata-rata (di)

$$di = (\emptyset \text{ terkecil} \times \emptyset \text{ terbesar})^{1/2}$$

C. Media Penyangga

Media penyangga ini terdiri dari kerikil dengan karakteristik sebagai berikut (Fair, Geyer, Okun, 1968 dan Reynolds, 1982): Ukuran efektif media penyangga 0.16-5.08 cm, terstratifikasi, umunya 4-5 lapisan ketebalan 15,24-65,96 cm, berdasarkan

kriteria tersebut maka media penyangga disusun dengan ketebalan 30 cm dan distribusi media sebagai berikut

Tabel 5. 14 Distribusi Media Kerikil

Diameter cm	% Fraksi (x)	x/d^2
0.34	10	0,8651
0.773	15	0,2510
1.55	20	0,0832
2.69	25	0,0345
4.9	30	0,0125
	Total	1,2464

Sumber : Marsono, 2002

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, dapat ditampilkan susunan media filter dan tebal masing-masing lapisan :

1. Media antrasit = 31,36 cm
2. Media pasir = 68,64 cm
3. Media Kerikil = 30 cm

- Dimensi Filter

Menurut Agustiawan dan Hadi (2017) rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam satu kali wudhu dengan keran air konvensional adalah 1,27 menit, sehingga dapat dihitung debit air yang dikeluarkan apabila 5 keran dinyalakan secara bersamaan adalah:

- Q air wudhu total = 3 Liter/ 1,27 menit x 5
= $1,97 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$

- Kecepatan filtrasi (V_f) = 6 m/jam

- Freeboard = 10 cm

Perhitungan:

- Luas permukaan filter (A)

$$= Q/v$$

$$= 1,97 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} / (6 \text{ m/jam} / 3600)$$

$$= 0,11 \text{ m}^2$$

- Direncanakan filter berbentuk lingkaran

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$0,11 \text{ m}^2 = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$D = 0,39 \text{ m}$$

$$D = 39 \text{ cm}$$

Filter direncanakan terbuat dari pipa PVC, sehingga diameter filter disesuaikan dengan diameter PVC pasaran sehingga digunakan pipa PVC putih AW dengan diameter luar 16 inchi (420 mm) dan diameter dalam sebesar 407 mm

- Kehilangan Tekanan Media Filter Saat Bersih

Headloss pada media filter :

$$\frac{H_f}{L} = K \times \frac{v}{g} \times V_f \times \frac{(1-f)^2}{f^3} \times \left(\frac{6}{\psi} \right)^2 \times \sum \frac{P_i}{d_i^2}$$

dimana :

- L = tebal media
- F = porositas (Antrasit = 0,48 ; Pasir = 0,4 ; Kerikil = 0,38)
- Ψ = shape faktor (Antrasit = 0,7 ; Pasir = 0,83; Kerikil = 0,98)
- V_f = 6 m/jam = 0,167 cm/detik
- K = konstanta = 5
- Suhu : 30⁰ C; $v = 0,8039 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt} = 0,8039 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{dt}$

A Kehilangan Tekanan Melalui Media Antrasit (H_{f1})

$$\frac{H_f}{31,36} = 5x \frac{0,8039 \cdot 10^{-2}}{981} x 0,167x \left(\frac{1-0,48}{0,48} \right)^2 x \left(\frac{6}{0,7} \right)^2 x 87,51$$

$$H_{f1} = 1,62 \text{ cm}$$

B Kehilangan Tekanan Melalui Media Pasir (H_{f2})

$$\frac{H_f}{68,64} = 5x \frac{0,8039 \cdot 10^{-2}}{981} x 0,167x \left(\frac{1-0,4}{0,4} \right)^2 x \left(\frac{6}{0,83} \right)^2 x 166,09$$

$$H_{f2} = 9,17 \text{ cm}$$

C Kehilangan Tekanan Melalui Media Kerikil (H_{f3})

$$\frac{H_f}{30} = 5x \frac{0,8039 \cdot 10^{-2}}{981} x 0,167x \left(\frac{1-0,38}{0,38} \right)^2 x \left(\frac{6}{0,98} \right)^2 x 1,2464$$

$$H_{f3} = 0,026 \text{ cm}$$

∴ Kehilangan tekanan total (H_f total)

$$\begin{aligned} H_f \text{ total} &= H_{f1} + H_{f2} + H_{f3} \\ &= 1,62 + 9,17 + 0,026 \end{aligned}$$

$$= 10,816 \text{ cm}$$

$$= 0,108 \text{ m}$$

- Kehilangan Tekanan Media filter Saat Clogging

Diketahui :

-Viskositas kinematis pada $30^{\circ} \text{C} = 0,8039 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{dtk}$

-Kecepatan filtrasi semua bak beroperasi= $14 \text{ m/jam} = 0,38 \text{ cm/dtk}$

-Koefisien permeability = 5

-Faktor porositas (f) = f saat bersih x (0,6 - 0,8), digunakan 0,7

-Porositas media (f) :

$$\begin{array}{lcl} \text{- Antrasit} & = 0,48 \times 0,7 & = 0,336 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{- Pasir} & = 0,4 \times 0,7 & = 0,28 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{- Kerikil} & = 0,38 \times 0,7 & = 0,266 \end{array}$$

-Ketebalan media :

$$\begin{array}{lcl} \text{- Antrasit} & = 31,36 \text{ cm} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{- Pasir} & = 68,64 \text{ cm} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{- Kerikil} & = 30 \text{ cm} \end{array}$$

-Shape factor

$$\begin{array}{lcl} \text{- Antrasit} & = 0,7 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{- Pasir} & = 0,83 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{- Kerikil} & = 0,98 \end{array}$$

- Kehilangan Tekanan Melalui Media Antrasit (H_{f1})

$$\frac{H_f}{31,36} = 5x \frac{0,8039 \cdot 10^{-2}}{981} x 0,167x \left(\frac{1 - 0,336}{0,336} \right)^2 x \left(\frac{6}{0,7} \right)^2 x 87,51$$

$$H_{f1} = 5,39 \text{ cm}$$

- Kehilangan Tekanan Melalui Media Pasir (H_{f2})

$$\frac{H_f}{68,64} = 5x \frac{0,8039 \cdot 10^{-2}}{981} x 0,167x \left(\frac{1 - 0,28}{0,28} \right)^2 x \left(\frac{6}{0,83} \right)^2 x 166,09$$

$$H_{f2} = 26,94 \text{ cm}$$

- Kehilangan Tekanan Melalui Media Kerikil (H_{f3})

$$\frac{H_f}{30} = 5x \frac{0,8039 \cdot 10^{-2}}{981} x 0,167x \left(\frac{1 - 0,266}{0,266} \right)^2 x \left(\frac{6}{0,98} \right)^2 x 1,2464$$

$$H_{f3} = 0,11 \text{ cm}$$

∴ Kehilangan tekanan total (H_f total)

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ total} &= H_{f1} + H_{f2} + H_{f3} \\
 &= 5,39 + 26,94 + 0,11 \\
 &= 32,44 \text{ cm} \\
 &= 0,3244 \text{ m}
 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan head sisa tekan pipa pada blok I

Perhitungan sisa tekan pipa didasarkan pada headloss pipa yang terdapat pada masing-masing bangunan. Head sisa tekan dihitung berdasarkan head statis tangki, headloss pipa serta headloss pada filter.

Head pada saat muka air minimum = 2,0018 meter

Headloss pada pipa outlet (ukuran 3/4")

- H_f pada pipa outlet tandon

$$\begin{aligned}
 &= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85} \\
 &= \frac{0,84}{(0,00155 \times 120 \times 1,905^{2,63})^{1,85}} \times 0,197^{1,85} \\
 &= 0,0406 \text{ meter}
 \end{aligned}$$
- Head velocity = $\frac{v^2}{2g} = \frac{0,69^2}{2,9,81} = 0,024 \text{ meter}$
- Headloss belokan 1 buah ($k=0,25$)

$$\begin{aligned}
 &= k \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,0061 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Headloss pada pipa air wudhu (ukuran 3/4")

- H_f pada pipa wudhu (ukuran 3/4")

$$\begin{aligned}
 &= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85} \\
 &= \frac{4,3}{(0,00155 \times 120 \times 1,905^{2,63})^{1,85}} \times 0,197^{1,85} \\
 &= 0,2 \text{ meter}
 \end{aligned}$$
- Kecepatan dalam pipa (ukuran 3/4")

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,97 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{0,000285 \text{ m}^2} = 0,69 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$
- Head velocity = $\frac{v^2}{2g} = \frac{0,69^2}{2,9,81} = 0,024 \text{ meter}$
- Headloss belokan 2 buah ($k=0,25$)

$$\begin{aligned}
 &= k \frac{v^2}{2g} \times 2
 \end{aligned}$$

$$= 0,006 \text{ meter} \times 2$$

$$= 0,012 \text{ meter}$$

- Headloss filter saat bersih = 0,108 m
- Headloss filter saat clogging = 0,3244 m
- Sisa tekanan saat filter bersih
 $= 2,0018 \text{ m} - 0,024 \text{ m} - 0,0061 \text{ m} - 0,2 \text{ m} - 0,006 \text{ m} - 0,0012 \text{ m} - 0,108 \text{ m}$
 $= 1,64 \text{ meter}$
- Sisa tekanan saat filter *clogging*
 $= 2,0018 \text{ m} - 0,024 \text{ m} - 0,0061 \text{ m} - 0,2 \text{ m} - 0,006 \text{ m} - 0,0012 \text{ m} - 0,3244 \text{ m}$
 $= 1,44 \text{ meter}$

Melalui perhitungan dapat diketahui bahwa sisa tekan hingga pipa titik terjauh pada sistem PAH blok I mencukupi, sehingga masih terdapat sisa tekan sebesar 1,64 saat filter bersih dan 1,44 meter saat filter clogging.

➤ Perhitungan head sisa tekan pipa pada musholla

Perhitungan sisa tekan pipa didasarkan pada headloss pipa yang terdapat pada masing-masing bangunan. Head sisa tekan dihitung berdasarkan head statis tangki, headloss pipa serta headloss pada filter.

Head pada saat muka air minimum = 2,0018 meter

Headloss pada pipa outlet tandon (ukuran 3/4")

- Hf pada pipa outlet tandon

$$= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85}$$

$$= \frac{0,84}{(0,00155 \times 120 \times 1,905^{2,63})^{1,85}} \times 0,197^{1,85}$$

$$= 0,0406 \text{ meter}$$
- Head velocity = $\frac{v^2}{2g} = \frac{0,69^2}{2 \times 9,81} = 0,024 \text{ meter}$
- Headloss belokan 1 buah (k=0,25)

$$= k \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,0061 \text{ meter}$$

Headloss pada pipa air wudhu (ukuran 3/4")

- Hf pada pipa wudhu (ukuran 3/4")

$$= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85}$$

$$= \frac{10,39}{(0,00155 \times 120 \times 1,905^{2,63})^{1,85}} \times 0,197^{1,85}$$

$$= 0,5 \text{ meter}$$

- Kecepatan dalam pipa (ukuran 3/4")

$$= \frac{1,97 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{0,000285 \text{ m}^2} = 0,69 \text{ m/s}$$

- Head velocity = $\frac{v^2}{2g} = \frac{0,69^2}{2,9,81} = 0,024 \text{ meter}$

- Headloss belokan 2 buah (k=0,25)

$$= k \frac{v^2}{2g} \times 2$$

$$= 0,006 \text{ meter} \times 2$$

$$= 0,012 \text{ meter}$$

- Headloss filter saat bersih = 0,108 m

- Headloss filter saat clogging = 0,3244 m

- Sisa tekanan saat filter bersih

$$= 2,0018 \text{ m} - 0,024 \text{ m} - 0,0061 \text{ m} - 0,5 \text{ m} - 0,006 \text{ m} - 0,0012 \text{ m} - 0,108 \text{ m}$$

$$= 1,34 \text{ meter}$$

- Sisa tekanan saat filter *clogging*

$$= 2,0018 \text{ m} - 0,024 \text{ m} - 0,0061 \text{ m} - 0,5 \text{ m} - 0,006 \text{ m} - 0,0012 \text{ m} - 0,3244 \text{ m}$$

$$= 1,14 \text{ meter}$$

Melalui perhitungan dapat diketahui bahwa sisa tekan hingga pipa titik terjauh pada sistem PAH blok I mencukupi, sehingga masih terdapat sisa tekan sebesar 1,34 saat filter bersih dan 1,14 meter saat filter clogging.

5.2.5 Perhitungan pemenuhan kebutuhan air bersih

Pemenuhan kebutuhan air bersih dilakukan dengan menghitung curah hujan yang dapat ditampung saat curah hujan paling kecil selama 10 tahun terakhir. Kebutuhan air bersih yang paling kecil dalam 10 tahun terakhir diambil saat rentang bulan hujan yaitu antara November hingga April (bulan hujan). Berdasarkan data yang diambil dari BMKG curah hujan paling

kecil jatuh pada bulan Januari 2015 yaitu sebesar 73 mm. Sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- Influen blok I

$$\begin{aligned} &= 73 \text{ mm} \times 201,6 \text{ m}^2 \\ &= 0,073 \text{ m} \times 201,6 \text{ m}^2 \\ &= 14,72 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Influen Musholla

$$\begin{aligned} &= 73 \text{ mm} \times 239,4 \text{ m}^2 \\ &= 0,073 \text{ m} \times 239,4 \text{ m}^2 \\ &= 17,47 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Total influen berdasarkan curah hujan minimum selama 10 tahun terakhir selama bulan hujan = 32,19

- kebutuhan air wudhu dalam 1 bulan

$$\begin{aligned} &= 3 \text{ L} \times 30 \text{ hari} \times 605 \text{ orang} \\ &= 54450 \text{ Liter} = 54,45 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Melalui perhitungan dapat diketahui bahwa curah hujan minimum tidak dapat memenuhi kebutuhan wudhu warga binaan dan petugas lapas selama 1 bulan, sehingga dicari curah hujan minimum untuk memenuhi kebutuhan air wudhu penghuni lapas warga binaan serta petugas lapas. Pada perhitungan kali ini dilakukan perhitungan menggunakan kisaran total curah hujan dalam 1 bulan sebesar 130 mm, sehingga perhitungan sebagai berikut:

Influen blok I

$$\begin{aligned} &= 125 \text{ mm} \times 201,6 \text{ m}^2 \\ &= 0,125 \text{ m} \times 201,6 \text{ m}^2 \\ &= 25,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Influen Musholla

$$\begin{aligned} &= 125 \text{ mm} \times 239,4 \text{ m}^2 \\ &= 0,125 \text{ m} \times 239,4 \text{ m}^2 \\ &= 29,925 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Total influen berdasarkan curah hujan minimum selama 10 tahun terakhir selama bulan hujan = 55,125 m³

Kebutuhan air wudhu dalam satu bulan sebesar $54,4 \text{ m}^3$ dan total curah hujan minimum yang dibutuhkan agar memenuhi kebutuhan dalam satu bulan sebesar 125 mm.

5.2.6 Perhitungan penghematan air bersih

Penghematan air bersih dapat dilihat melalui pengurangan penggunaan volume air PDAM, berikut perhitungan untuk persen penghematan tiap bulan apabila terjadi curah hujan minimum pada Tabel 5.15

Tabel 5. 15 Potensi Penghematan Pemanenan Air Hujan Tiap Bulan Untuk Tiap Bangunan Pemanenan Air Hujan Berdasarkan curah hujan 125 mm

Gedung	Inflow (m^3)	Outflow (m^3)	Penghematan
Blok 1	25,200	54,4	46%
Mushola	29,952		55%

Sumber: hasil perhitungan

Menurut Ahmad (2013) kebutuhan wudhu dalam 1 hari adalah sebesar 15 L/orang.hari, sedangkan kebutuhan air bersih dalam satu hari 133 L/orang.hari. Maka kebutuhan air wudhu: Bila dihitung berdasarkan jumlah kebutuhan air dalam satu hari maka dapat dilihat melalui perhitungan dalam Tabel 5.16

Tabel 5. 16 Persen penghematan menggunakan PAH

Keterangan	inflow blok I (m)	inflow musholla (m^3)	akumulasi inflow (m^3)	outflow	penghematan
Volume	25,20	29,93	55,13	2340	2%
Biaya	Rp 126.000,-	Rp 149.625,-	Rp275.625	Rp12.150.000	2%

Sumber: hasil perhitungan

Sehingga biaya yang dihemat dengan menggunakan sistem PAH adalah 4%, sehingga besar biaya per bulan yang dapat dihemat adalah:

$$\begin{aligned}\text{Biaya yang dihemat/bln} &= 4\% \times \text{Rp } 12.150.000,00 \\ &= \text{Rp } 486.000,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya yang dihemat selama bulan hujan} &= \text{Rp } 486.000,00 \times 6 \\ &= \text{Rp } 2.916000,00\end{aligned}$$

5.2.7 Perencanaan desinfeksi

Pada perencanaan kali ini proses desinfeksi yang digunakan adalah menggunakan sinar uv. Radiasi sinar ultra

violet dapat digunakan untuk disinfeksi air minum. Air lewat melalui suatu pipa bersih untuk dipanaskan dengan sinar Ultra violet (UV). Sinar ultra violet (UV) dapat secara efektif menghancurkan virus dan bakteri hingga 99,99%. Menurut Wiyono, dkk (2017), keuntungan menggunakan UV meliputi :

1. Tidak beracun atau tidak berbahaya
2. Menghancurkan zat pencemar organik.
3. Menghilangkan bau atau rasa pada air.
4. Memerlukan waktu kontak yang singkat (memerlukan waktu beberapa menit).
5. Meningkatkan kualitas air karena gangguan zat pencemar organik.
6. Dapat mematikan mikroorganisme pathogenik.
7. Tidak mempengaruhi mineral di dalam air.

Berdasarkan penelitian Said (2007), dosis minimum $16.000 \mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ menunjukkan penurunan lebih dari 3-log coliform dalam efluent air limbah. Selain itu berdasarkan penelitian yang dilakukan Rakkito dan Suryo (2012) menggunakan lampu ultra violet 10 watt, $\lambda = 365 \text{ nm}$ hasil penyisihan E.coli mencapai 80 % dalam waktu pemaparan 100 menit. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Wulansarie (2012), mengungkapkan bahwa penyisihan e.coli sebesar 99,99% menggunakan lampu uv dengan daya 15 watt dengan waktu pemaparan selama 30 menit. Sehingga melalui data di atas digunakan desinfeksi menggunakan alat desinfeksi uv yang ada di pasaran yaitu ultra violet water sterilizer VIQUA tipe S2Q-PA dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kapasitas maksimum = 2 GPM = 8 L/menit

Lampu UV = 22 Watt

Dimensi = 2,5" x 17"

Berat = 7 lbs

5.3 Evaluasi Pengolahan Limbah

Pada perencanaan kali ini akan dirancang pengolahan air limbah dengan sistem terpisah, dimana pengolahan limbah *blackwater* dan *greywater* diolah pada unit yang berbeda. Berikut merupakan evaluasi pengolahan limbah *blackwater* dan *greywater*. Berdasarkan Johannis dan Hermana (2009), lumpur tinja yang dihasilkan adalah sebesar 40 L/orang.tahun.

5.3.1 Evaluasi pengolahan limbah *blackwater*

Limbah *blackwater* yang dihasilkan ditampung dalam tangki septik. Tangki septik yang ada di lapas memiliki luas 1 m^2 dan kedalaman 2 m dengan jumlah 24 unit
Volume Tangki septik = 24 unit x (2 m^3) = 48 m^3

$$\begin{aligned} V_{\text{Lumpur}} &= P \times N \times S \\ &= 586 \text{ orang} \times 4 \text{ tahun} \times 40 \text{ L/orang.tahun} \\ &= 93,76 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan dapat diketahui bahwa kapasitas tangki septik kurang memenuhi. Kurangnya kapasitas tangki septik mengakibatkan tangki septik sering meluber dan menimbulkan bau yang tidak sedap sehingga mengganggu dalam aktivitas pemasyarakatan. Selain itu tidak seluruh tangki septik dilengkapi dengan pipa ven seperti pada gambar 3.5.



Gambar 5. 5 Tangki septik tanpa pipa ven



Gambar 5. 6 Tangki septik Blok I dan II

5.3.2 Evaluasi pengolahan air limbah *greywater*

Greywater yang dihasilkan bersumber dari kegiatan mandi, cuci, maupun bekas air untuk menyiram tanaman.

Pada lapas belum ada instalasi pengolahan air limbah, sehingga air langsung disalurkan ke saluran drainase yang ada. Hal ini menyebabkan berbagai macam gangguan diantaranya timbulnya bau dari dalam selokan. Tidak adanya instalasi pengolah limbah *greywater* juga dapat menyebabkan timbulnya pencemaran bila air limbah langsung dibuang pada badan air.

5.4 Perhitungan Debit Air Limbah

Debit air limbah diperkirakan sebanyak 60%-80% dari penggunaan air bersih (Metcalf dan Eddy, 2014), sehingga pada perencanaan kali ini debit air limbah yang dihasilkan direncanakan sebanyak 80% dari debit air bersih. Menurut Mohamed et al, 2014 debit *blackwater* sebesar 20% sedangkan debit *greywater* sebesar 80%. Debit air limbah berubah setiap waktunya, hal ini menandakan debit air limbah fluktuatif dan tergantung pada aktivitas penggunaan air bersih. Debit puncak air limbah dapat dihitung menggunakan persamaan 2.13 sedangkan perhitungan faktor puncak dapat dihitung dengan persamaan 2.14.

5.4.1 Debit *greywater*

Debit *greywater* direncanakan sebesar 80% dari debit air bersih, sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut:

- $Q \text{ air limbah} = 80\% \times Q \text{ air bersih}$
 $= 80\% \times 78 \text{ m}^3$
 $= 62,4 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $Q \text{ rata-rata greywater} = 80\% \times Q \text{ air limbah}$
 $= 80\% \times 62,4 \text{ m}^3$
 $= 49,92 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $f_p = \frac{18 + p^{0.5}}{4 + p^{0.5}}$
 $f_p = \frac{18 + 1000^{0.5}}{4 + 1000^{0.5}}$
 $f_p = 1,39$
- $Q_{\text{peak}} = Q_{\text{ave}} \times f_p$
 $Q_{\text{peak}} = 49,92 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,5$
 $Q_{\text{peak}} = 74,69 \text{ m}^3/\text{hari} = 74,69 \text{ m}^3/\text{hari}$

5.4.2 Debit *blackwater*

Debit *blackwater* yang digunakan dalam perencanaan ini mengacu SNI 03-2399-2002 tentang Tata Cara Perencanaan MCK Umum yaitu sebesar 10 L/orang.hari.

- $Q \text{ rata-rata } blackwater = 10 \text{ L/orang.hari} \times 240 \text{ orang}$
 $= 2400 \text{ L/hari}$
 $= 2,4 \text{ m}^3/\text{hari}$

5.5 Karakteristik Air Limbah

Air limbah pada perencanaan ini terbagi dalam 2 aspek yaitu limbah *greywater* dan *blackwater*, karena direncanakan pengolahan secara terpisah. Berikut merupakan penjabaran dari karakteristik masing-masing air limbah.

5.5.1 Karakteristik *blackwater*

Pada penelitian kali ini tidak dilakukan sampling *blackwater* dikarenakan penutup tangki septik yang tidak dapat dibuka tanpa alat sehingga karakteristik limbah tinja didapat melalui kajian literatur. Berikut karakteristik *blackwater* yang disajikan dalam Tabel 5.17

Tabel 5. 17 Karakteristik *Blackwater*

No	Parameter	Konsentrasi	Satuan	Sumber
1	Total solid	4,2	mg/L	Kholiq dan Muharom, 2015
2	TSS	10	g/orang. Hari	Boedisantoso, 2014
3	BOD	14,75	g/orang. Hari	Boedisantoso, 2014
4	COD	26,603	g/orang. Hari	Boedisantoso, 2014
5	NH ₄ -N	200	mg/L	Wardahni, 2012
6	Fosfat	65	mg/L	Wardahni, 2012

Sumber: hasil perhitungan

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui nilai COD besar yangmenandakan tingginya kandungan zat organik sehingga dapat menghasilkan biogas dengan kuantitas yang cukup besar

5.5.2 Karakteristik *greywater*

Pengambilan air limbah dilakukan secara *composite sampling*. Pengambilan sampel dilakukan pada hari Kamis, 22 Februari 2018 pada pukul 10.00 WIB. Sampel diambil pada saluran pembuangan dari kamar mandi blok lapas dan pada dapur. Tabel 5.18 menampilkan data yang merupakan hasil analisis karakteristik air limbah

Tabel 5. 18 Karakteristik *Greywater*

Parameter	Hasil Analisa	Satuan
pH	7,05	-
TSS	160	mg/L
TDS	174	mg/L
COD	125	mg/L O ₂
BOD	74	mg/L O ₂
Minyak dan Lemak	5	mg/L
Amoniak	4,96	mg/L NH ₃ -N
Phospat	1,15	MPN/100 ml
Total Coliform	7x10 ⁹	mg/L PO ₄ -P

Sumber: Hasil analisis, 2018

5.6 Alternatif Pengolahan

Pada perencanaan ini pengolahan limbah *blackwater* menggunakan *anaerobic digester*, sedangkan untuk pengolahan limbah *greywater* dipilih melalui beberapa alternatif pengolahan. baku mutu terbaru untuk air limbah yaitu berdasarkan PERMENLHK Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016, yang ditampilkan dalam Tabel 5.19

Tabel 5. 19 Karakteristik parameter *greywater*

Parameter	Baku Mutu	Satuan
Ph	6-9	-
TSS	30	mg/L
TDS	(-)	mg/L
COD	100	mg/L O ₂
BOD	30	mg/L O ₂
Oil And Grease	5	mg/L
Amoniak	10	mg/L NH ₃ -N

Parameter	Baku Mutu	Satuan
Fosfat	(-)	MPN/100 MI
Total Coliform	3000	mg/L PO ₄ -P

Sumber: Hasil analisis, 2018

Dalam menentukan alternatif pengolahan yang akan dipilih, terlebih dahulu dihitung persen removal pada setiap unit agar efluen dari unit terakhir dapat memenuhi baku mutu dari *effluent standard*. Berikut merupakan data removal efisiensi dari tiap unit yang direncanakan

Tabel 5. 20 Efisiensi removal tiap unit pengolahan

unit pengolahan	efisiensi removal (%)		
	BOD	COD	TSS
ABR	65-90 ^a	70-95 ^a	90 ^a
AF	70-90 ^a	85 ^a	50-80 ^b
Wetland	80 ^c	66 ^c	74 ^c

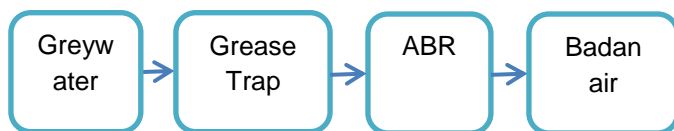
Sumber: a Sasse

b Morel dan Dinier, 2006

c Haberl et al, 1995

Alternatif yang ditentukan pada pengolahan ini sebanyak tiga alternatif dimana yang membedakan antara ketiganya.

Alternatif Pengolahan 1



Gambar 5. 7 Alternatif Pengolahan I

Tabel 5. 21 Alternatif pengolahan I

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	%removal	Effluent	Keterangan
BOD	74	90	7,4	Sudah Memenuhi

TSS	160	90	16	Sudah Memenuhi
COD	125	95	6,25	Sudah Memenuhi

Sumber: hasil perhitungan

Alternatif Pengolahan 2



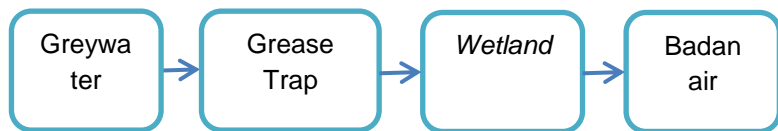
Gambar 5. 8 Alternatif pengolahan 2

Tabel 5. 22 Alternatif Pengolahan 2

Karakteristik Limbah	Konsentrasi (mg/L)	%removal	Effluent	Keterangan
BOD	74	90	7,4	Sudah Memenuhi
TSS	160	90	16	Sudah Memenuhi
COD	125	95	6,25	Sudah Memenuhi

Sumber: hasil perhitungan

Alternatif Pengolahan 3



Gambar 5. 9 Alternatif pengolahan 3

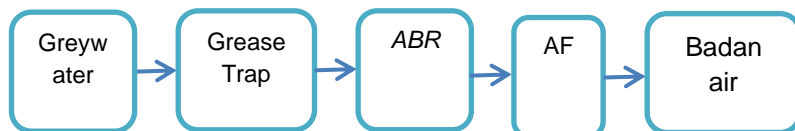
Tabel 5. 23 Alternatif Pengolahan 3

Karakteristik Limbah	Konsentrasi (mg/L)	%removal	Effluen	Keterangan
BOD	74	80	14,8	Sudah Memenuhi
TSS	160	74	41,6	Belum Memenuhi
COD	125	66	42,5	Sudah

Karakteristik Limbah	Konsentrasi (mg/L)	%removal	Effluen	Keterangan
				Memenuhi

Sumber hasil perhitungan

Alternatif Pengolahan 4



Gambar 5. 10 Alternatif Pengolahan 4

Tabel 5. 24 Alternatif Pengolahan 4

Karakteristik Limbah	Konsentrasi (mg/L)	%removal ABR	Hasil	%removal AF	Effluen	Keterangan
BOD	74	90	7,4	90	0,74	Memenuhi
TSS	160	63	59,2	90	5,92	Memenuhi
COD	125	95	6,25	90	0,625	Memenuhi

Sumber hasil perhitungan

5.7 Preliminary Sizing

Preliminary Sizing merupakan langkah untuk menghitung dimensi unit pengolahan. Perhitungan selengkapnya sebagai berikut:

A. Grease Trap

- Konsentrasi minyak dan lemak = 10 mg/L
- Beban minyak dan lemak = $Q_{peak} \times \text{konsentrasi minyak}$
 $= 73,95 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10 \text{ mg/L}$
 $= 0,7395 \text{ Kg/hari}$
- Jumlah kompartemen = 2 unit
- Waktu detensi (td) = 15 menit (rencana)
- Volume GT = $Q_{total} \times td$
 $= (73,95 \text{ m}^3/\text{hari} : 1440 \text{ menit/jam})$
 $\times 15 \text{ menit}$
 $= 0,77 \text{ m}^3$
- Kedalaman efektif = 0,5 m (rencana)

- *Freeboard* = 0.3 m
- Kedalaman total = 0,5 m + 0.3 m = 0,8 m
- A surface = Volume : H efektif
= $0,77 \text{ m}^3 / 0,5 \text{ m} = 1,54 \text{ m}$

B. *Anaerobic Baffle Reactor (ABR)*

- $Q_{\text{peak}} = 73,95 \text{ m}^3/\text{hari}$
- HRT = 4 jam = 0,167 hari
- $\text{Volume}_{\text{ABR}} = Q_{\text{peak}} \times \text{HRT}$
= $73,95 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,167 \text{ hari}$
= $12,325 \text{ m}^3 = 12,5 \text{ m}^3$
- Kedalaman = 4 meter
- Lebar kompartemen = 3 meter
- Panjang kompartemen = $\frac{1}{2} \times \text{kedalaman} = 2 \text{ m}$
- $\text{BOD}_{\text{in}} = 74 \text{ mg/L}$
- $\text{Beban BOD} = 74 \text{ mg/L} \times (73,95 \times 1000 \text{ L/hari})$
 $\text{Beban BOD} = 5,47 \text{ kg/hari}$
- Direncanakan removal BOD sebesar 90%
- $\text{BOD out} = 5,47 \text{ kg/hari} \times (90\% \times 5,47 \text{ kg/hari})$
 $\text{BOD out} = 0,547 \text{ kg/hari}$
- $\text{BOD yang diolah} = 5,47 \text{ kg/hari} - 0,547 \text{ kg/hari}$
 $\text{BOD yang diolah} = 4,923 \text{ kg/m}^3$
- $\text{Volume kompartemen} = \frac{\text{Q BOD yang diolah}}{\text{OLR}}$
 $\text{Volume kompartemen} = \frac{4,923 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 73,95 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{5,47}$
 $\text{Volume kompartemen} = 66,56 \text{ m}^3$
- $\text{Jumlah kompartemen} = \frac{\text{Volume kompartemen}}{\text{Volume 1 kompartemen}}$
 $\text{Jumlah kompartemen} = \frac{66,56}{3 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2 \text{ m}}$
 $\text{Jumlah kompartemen} = 2,7 = 3 \text{ kompartemen}$
- $\text{Luas total kompartemen} = 3 \times (\text{PxL})$
= $3 \times (2 \text{ m} \times 3 \text{ m})$
= 18 m^2

C. *Anaerobic Filter (AF)*

- $Q_{\text{peak}} = 73,95 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $\text{COD}_{\text{in}} = 125 \text{ mg/L}$

- Beban COD = 125 mg/L x (73,95 x1000 L/hari)
Beban COD = 9,24 kg/hari
- Direncanakan removal COD sebesar 90%
- COD out = 9,24 kg/hari x (90% x 9,24 kg/hari)
COD out = 0,924 kg/hari
- OLR <4,5 kg COD/m³.hari, sehingga direncanakan OLR sebesar 3 kg COD/m³.hari
- Volume media direncanakan sebesar 60% dari volume reaktor

$$\text{Volume media} = \frac{9,24 \text{ kg/hari}}{3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \text{ hari}}}$$

$$\text{Volume media} = 3,08 \text{ m}^3$$
- Volume reaktor = 100/60 x 3,08 m³
= 5,13 m³
- Volume reaktor = 100/60 x 3,08 m³
= 5,13 m³
- Direncanakan kedalaman= 1,5 meter
- Luas permukaan reaktor = 5,13 m³/1,5 meter = 3,62 m²

D. *Constructed Wetland*

- T = 26°C
- $K_T = K_{20} (1,1)^{T-20}$ (Laju konstan suhu)
 $K_T = 0,86 (1,1)^{26-20}$
 $K_T = 1,102/\text{hari}$
- Waktu detensi (direncanakan efluen BOD sesuai dengan baku mutu yaitu 30 mg/L

$$t' = -\ln \frac{C_e}{C_0}$$

$$t' = -\ln \frac{30}{74}$$

$$t' = 0,99 \text{ hari} = 1 \text{ hari}$$
- Volume = Q x td

$$\text{Volume} = 49,92 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1 \text{ hari}$$

$$\text{Volume} = 49,92 \text{ m}^3$$
- Kedalaman kolam dalam kriteria desain *wetland* adalah 0,1-0,6 m.
 Kedalaman kolam rencana = 0,5 m

$$\begin{aligned}\text{Luas permukaan} &= \frac{49,92 \text{ m}^3}{0,5} \\ &= 99,84 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Tabel 5. 25 Luas lahan tiap alternatif pengolahan

ALTERNATIF	UNIT PENGOLAHAN	LUAS LAHAN (m ²)
1	Grease trap-ABR	19,54
2	Grease trap-AF	5,16
3	Grease trap- <i>Wetland</i>	101,38
4	Grease trap-ABR-ABF	21,62

sumber: Hasil perhitungan

Melalui bebarapa kajian alternatif di atas dipilih alternatif 4 dikarenakan tidak memakan luas lahan yang terlalu besr serta memiliki efisiensi removal yang baik. Selain itu dipertimbangkan juga kemudahan dalam perawatan dan pemeliharaan.

5.8 Perencanaan SPAL

Perencanaan SPAL meliputi pembebanan SPAL, menghitung dimensi pipa SPAL, serta penanaman pipa

5.8.1 Pembebanan pipa

Penyaluran air limbah dari daerah pelayanan menuju IPAL menggunakan saluran yang berupa pipa-pipa, baik pipa sekunder maupun pipa primer. Pada perencanaan ini, pipa yang direncanakan pipa primer dan sekunder. Pipa yang digunakan yaitu pipa PVC, sehingga tidak ada infiltrasi sehingga Q infiltrasi tidak dihitung. Peta jaringan pipa primer penyalur air limbah menuju IPAL dapat dilihat pada lampiran: Contoh perhitungan pembebanan saluran *greywater* b1-b2 Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan jumlah orang yang dilayani saluran tiap pipa
Pipa b1-b2 melayani blok 3 (di belakang aula) dengan jumlah orang yang dilayani sebanyak 76 orang :
2. Menghitung Q rata-rata air limbah setelah pembebanan (Q ave kumulatif)(m³/s)
Q rata-rata= $1,28 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{orang}.\text{detik}$
Q rata-rata kumulatif

$$\begin{aligned}
&= 52 \text{ orang} \times Q \text{ rata-rata/org.detik} \\
&= 52 \text{ orang} \times 1,28 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{orang.detik} \\
&= 0,00006 \text{ m}^3/\text{detik}
\end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus dibawah ini maka dapat ditentukan faktor peak

$$\begin{aligned}
\bullet \quad f_p &= \frac{18 + P^{0.5}}{4 + P^{0.5}} \\
f_p &= \frac{18 + 52^{0.5}}{4 + 52^{0.5}} \\
f_p &= 2,25 \text{ m}^3/\text{detik}
\end{aligned}$$

3. Menghitung Q peak (m³/s)

$$\begin{aligned}
Q_{\text{peak}} &= Q \text{ rata-rata} \times f_p \\
&= 0,00006 \text{ m}^3/\text{detik} \times 2,25 \\
&= 0,00013 \text{ m}^3/\text{s} \\
&= 10,72 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

4. Menghitung Q minimum (m³/s)

$$\begin{aligned}
Q_{\text{min}} &= 1/5 \times (P/52)^{0.2} \times Q_{\text{ave}} \\
&= 0.2 \times (52/52)^{0.2} \times 0,00006 \text{ m}^3/\text{detik} \\
&= 0,0000063 \text{ m}^3/\text{detik} \\
&= 0,54 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Perhitungan pembebanan pipa menuju ABR (*greywater* dan *blackwater*) dapat dilihat pada Tabel 5.26 dan untuk pembebanan pipa *blackwater* dapat dilihat pada Tabel 5.27

Tabel 5. 26 Pembebanan *Greywater+Blackwater* ke ABR-AF

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	jumlah penduduk (orang)	Q average kumulatif	Faktor Peak	Q peak	Q min
				m ³ /hari		m ³ /hari	m ³ /hari
1	a1-P1	pipa sekunder	45	4,25	2,31	9,80924	0,4572813
2	P1-P2	pipa primer	45	4,25	2,31	9,80924	0,4572813
3	b1-b2	pipasekunder	52	4,91	2,25	11,04702	0,5439168
4	b2-b3	pipa sekunder	52	4,91	2,25	11,04702	0,5439168
5	b3-b4	pipa sekunder	52	4,91	2,25	11,04702	0,5439168
6	b4-b5	pipa sekunder	52	4,91	2,25	11,04702	0,5439168
7	b5-b6	pipa sekunder	100	9,48	2,00	18,94592	1,1969135
8	b6-b7	pipa sekunder	100	9,48	2,00	18,94592	1,1969135
9	b7-P2	pipa sekunder	100	9,48	2,00	18,94592	1,1969135
10	P2-P3	pipa primer	145	13,73	1,87	25,70187	1,8670964
11	c1-c2	pipa sekunder	48	4,57	2,28	10,40285	0,4982239
12	c2-c3	pipa sekunder	48	4,57	2,28	10,40285	0,4982239
13	d1-d2	pipa sekunder	48	4,57	2,28	10,40285	0,4982239
14	d2-c3	pipa sekunder	48	4,57	2,28	10,40285	0,4982239
15	c3-P3	pipa sekunder	97	9,13	2,01	18,37536	1,1446180
16	P3-P4	pipa sekunder	242	22,86	1,72	39,22841	3,4427612
17	e1-e2	pipa primer	46	4,31	2,30	9,92861	0,4654228
18	e2-e3	pipa sekunder	46	4,31	2,30	9,92861	0,4654228
19	e3-e4	pipa sekunder	46	4,31	2,30	9,92861	0,4654228
20	e4-e5	pipa sekunder	91	8,63	2,03	17,53875	1,0692608
21	g1-g2	pipa sekunder	91	8,63	2,03	17,53875	1,0692608
22	AD-g2	pipa sekunder	152	0,60	1,86	1,12334	0,0829871
23	g2-g3	pipa sekunder	152	14,36	1,86	26,67121	1,9703382
24	g3-g4	pipa sekunder	152	14,36	1,86	26,67121	1,9703382
25	g4-f6	pipa sekunder	152	14,36	1,86	26,67121	1,9703382
26	f1-f2	pipa sekunder	52	4,91	2,25	11,04702	0,5439168
27	f2-f3	pipa sekunder	104	9,82	1,99	19,51292	1,2495927
28	f3-f4	pipa sekunder	138	13,07	1,89	24,67643	1,7597083
29	f4-f5	pipa sekunder	156	14,69	1,85	27,17742	2,0249063
30	f5-f6	pipa sekunder	173	16,31	1,82	29,63546	2,2960359
31	f6-f7	pipa sekunder	173	16,31	1,82	29,63546	2,2960359
32	f7-f8	pipa sekunder	207	19,56	1,76	34,44480	2,8542557
33	f8-f9	pipa sekunder	207	19,56	1,76	34,44480	2,8542557
34	f9-f10	pipa sekunder	253	23,87	1,70	40,66621	3,6256510
35	f10-e5	pipa sekunder	253	23,87	1,70	40,66621	3,6256510
36	e5-P4	pipa sekunder	344	32,50	1,62	52,67665	5,2504750
37	P4-IPAL	pipa sekuder	586	55,36	1,50	82,83644	9,9495995

Sumber: hasil perhitungan

Tabel 5. 27 Pembebanan pipa *Blackwater* ke Digester

No	Jalur Pipa	jumlah penduduk (orang)	Q average kumulatif	Faktor Peak	Q peak	Q min
			m ³ /hari		m ³ /hari	m ³ /hari
1	e'1-e'2	46	0,46	2,30	1,06	0,05
2	e'2-e'3	46	0,46	2,30	1,06	0,05
3	e'3-e'4	46	0,46	2,30	1,06	0,05
5	e'4-e'5	92	0,92	2,03	1,87	0,11
6	e'5-e'6	92	0,92	2,03	1,87	0,11
7	e'6-e'7	137	1,37	1,89	2,59	0,18
8	e'7-e'8	137	1,37	1,89	2,59	0,18
9	e'8-e'9	172	1,72	1,82	3,13	0,24
10	e'9-h'6	240	2,40	1,72	4,12	0,36
11	h'1-h'2	34	0,34	2,42	0,82	0,03
12	h'2-h'3	34	0,34	2,42	0,82	0,03
12	h'3-h'4	34	0,34	2,42	0,82	0,03
13	h'4-h'5	51	0,51	2,26	1,15	0,06
14	h'5-h'6	68	0,68	2,14	1,46	0,08
15	h'6-O1	240	2,40	1,72	4,12	0,36
16	O1-O2	240	2,40	1,72	4,12	0,36
17	O2-O3	240	2,40	1,72	4,12	0,36
18	O3-O4	240	2,40	1,72	4,12	0,36
19	O4-O5	240	2,40	1,72	4,12	0,36
20	O5-AD	240	2,40	1,72	4,12	0,36

Sumber: Hasil perhitungan

5.8.2 Perhitungan dimensi dan slope pipa

Perhitungan dimensi pipa air limbah berdasarkan pada pembebanan air limbah pada masing-masing pipa sesuai dengan perhitungan sebelumnya. Jenis pipa yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pipa PVC. Dalam perhitungan dimensi pipa untuk saluran air limbah, ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain :

- Pada kondisi peak kecepatan minimum adalah 0,3 m/detik
- Setiap saat $V_{full} >> V_{peak} >> V_{min}$

Direncanakan nilai $d/D = 0,8$ pada saat Q_{peak} dan $Q_{\text{peak}}/Q_{\text{full}} = 0,975$. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu maksimum tidak terjadi banjir. Untuk menentukan besarnya Q_p/Q_f dan d/D dapat dilihat pada grafik "*Hydraulic Elements for Circular Sewer*".

Contoh 1 perhitungan untuk Pipa b1-b2

Diketahui :

- $Q_{\text{peak}} = 0,00011 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{minimum}} = 0,00001 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Panjang Pipa = 21,2 m

Direncanakan :

- Slope pipa = 0.004(mengikuti kontur medan)
- $d/D = 0,8$
- dari grafik hydraulic for circular sewer, didapat $Q_{\text{PEAK}}/Q_{\text{FULL}} = 0,975$

Langkah – langkah Perhitungan adalah sebagai berikut :

- Menghitung nilai Q_{full} (m^3/s)

$$Q_{\text{full}} = \frac{Q_{\text{peak}}}{Q_{\text{peak}}/Q_{\text{full}}}$$

$$= 0,00012 / 0,975 = 0,00013$$

- Menghitung Diameter hitungan dan diameter terpasang (mm)

$$Q_{\text{full}} = \frac{0,3117}{n} \times D^{8/3} \times S^{1/2}$$

$$0,00001 = \frac{0,3117}{0,013} \times D^{8/3} \times 0,004^{1/2}$$

$$D = 0,014$$

$$D \text{ terpakai} = 0,11 \text{ m}$$

- Menghitung nilai $Q_{\text{full check}}$ (m^3/s) dari diameter hitungan (mm)

$$= 0,3117 / 0,013 \times 0,110^{\frac{8}{3}} \times 0,004^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,004 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Menghitung $Q_{\text{peak}}/Q_{\text{full}}$ check

$$Q_{\text{peak}}/Q_{\text{full check}} = 0,00012 / 0,004$$

$$= 0,031$$

- Menghitung $Q_{\text{min}}/Q_{\text{full}}$ Cek

$$Q_{\text{min}}/Q_{\text{full}} = \frac{Q_{\text{min}}}{0,00001 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,00001 \text{ m}^3/\text{s} / 0,004$$

$$= 0,001$$

- Menentukan d/D check dengan grafik. d/D check : 0,12
- Menentukan $V_{\text{min}}/V_{\text{full}}$ dari grafik di atas, maka diperoleh data sebesar 0,3
- Menghitung nilai V_{full} (Menggunakan persamaan manning)

$$V_{\text{full}} = 1/n \times D/4^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= 1/0,015 \times 0,110 / 4^{2/3} \times 0,004^{1/2} = 0,477 \text{ m/s}$$

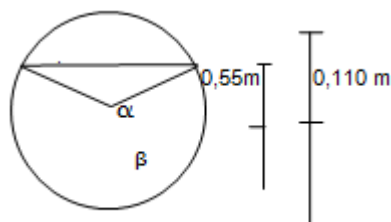
- Di cek nilai V_{min} dengan perbandingan grafik, didapatkan

$$V_{\text{min}} = V_{\text{full}} \times \text{koefisien grafik} = 0,30 \times 0,438$$

$$V_{\text{min}} = 0,143 \text{ m/s}$$

Karena V_{min} kurang dari kriteria perencanaan yaitu $< 0,3$ m/s. Sehingga harus menghitung slope medan baru hingga V_{min} memenuhi kriteria perencanaan (dengan rumus manning).

- Perhitungan Jari-jari hidrolis penampang basah saluran
- Menentukan luas penampang basah saat kondisi minimum dapat dilakukan dengan cara sebagai ber



$$\alpha = 2 \times \sin^{-1} \frac{d - \frac{1}{2} D}{\frac{1}{2} D}$$

$$\beta = 180^\circ + \alpha$$

Berikut perhitungannya :

- $\alpha = 2 \arccos \frac{0,11 - 0,055}{0,11} = 280,54^\circ$

- $\beta = 360^\circ - 280,54^\circ = 79,46^\circ$

- L_{JURING}

$$A = \frac{\beta}{360} \times \pi \times \frac{1}{4} \times D^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times \frac{79,46}{360} \times 0,11^2$$

$$A = 0,002 \text{ m}^2$$

- L_{SEGITIGA}

$$A = \frac{1}{2} \times 2 \sqrt{(0,5D)^2 - (d - 0,5D)^2} \times (d - 0,5D)$$

$$A = \frac{1}{2} \times 2 \sqrt{(0,055)^2 - (-0,04)^2} \times (-0,04)$$

$$A = -0,001 \text{ m}^2$$

Luas total = Luas juring + luas segitiga

$$= 0,002 \text{ m}^2 + -0,001 \text{ m}^2 = 0,001 \text{ m}^2$$

- Menghitung keliling basah

$$P = \frac{\beta}{360} \times \pi \times D$$

$$P = \frac{106,22}{360} \times \pi \times 0,22$$

$$= \frac{106,22}{360} \times \pi \times 0,22$$

$$= 0,08$$

- Dihitung $R = A/P = 0,0006/0,08 = 0,01$

Untuk menghitung luas juring pada keadaan peak, digunakan cara yang sama, hanya dibedakan d/D pada keadaan peak yang didapatkan dari grafik circular sewer dari hasil perbandingan Q_{peak}/Q_{full}

- Perhitungan slope manning

$$\begin{aligned} \text{Slope}_{\text{manning}} &= \left(\frac{V_{\min} \times n}{R^{2/3}} \right)^2 \\ &= \left(\frac{0,3 \times 0,013}{0,04^{2/3}} \right)^2 = 0,0071 \end{aligned}$$

- Pengecekan nilai V_{\min} dengan slope manning

$$\begin{aligned} V_{\min} &= 1/n \times S^{1/2} \times R^{2/3} \\ V_{\min} &= \frac{1}{0,013} \times (0,0071)^{1/2} \times 0,01^{2/3} = 0,3 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya untuk dimensi *greywater* dapat dilihat dalam Tabel 5.28 dan untuk dimensi *blackwater* dapat dilihat dalam Tabel 5.30

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Tabel 5. 28 Diameter Greywater+Blackwater ke ABR-AF

Saluran	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope Medan/ Tanah	Slope Rencana	Q peak (m ³ /hari)	d/D	Q peak/Q full	Q full (m ³ /hari)	n	D Hitungan (m)	D Pasaran (mm)	D Pasar (m)	Q full Cek (m ³ /hari)	Q peak/ Qfull check	Q min (m ³ /hari)
		Awal	Akhir													
a1-P1	15,3	422,30	422,27	0,0020	0,00400	9,52220	0,8	0,975	9,76635	0,013	0,030	110	0,110	345,600	0,028	0,44390
P1-P2	11,4	422,27	422,24	0,0026	0,00400	9,52220	0,8	0,975	9,76635	0,013	0,030	125	0,125	518,400	0,018	0,44390
b1-b2	21,2	422,38	422,38	0,0000	0,00400	10,72376	0,8	0,975	10,99872	0,013	0,031	110	0,110	345,600	0,031	0,52800
b2-b3	4,7	422,38	422,37	0,0021	0,00400	10,72376	0,8	0,975	10,99872	0,013	0,031	110	0,110	345,600	0,031	0,52800
b3-b4	11,1	422,37	422,35	0,0018	0,00400	10,72376	0,8	0,975	10,99872	0,013	0,031	110	0,110	345,600	0,031	0,52800
b4-b5	4,5	422,35	422,35	0,0000	0,00400	10,72376	0,8	0,975	10,99872	0,013	0,031	110	0,110	345,600	0,031	0,52800
b5-b6	12,7	422,35	422,33	0,0016	0,00400	18,39150	0,8	0,975	18,86308	0,013	0,038	110	0,110	345,600	0,053	1,16189
b6-b7	11,3	422,33	422,33	0,0000	0,00400	18,39150	0,8	0,975	18,86308	0,013	0,038	110	0,110	345,600	0,053	1,16189
b7-P2	1,8	422,33	422,24	0,0501	0,00400	18,39150	0,8	0,975	18,86308	0,013	0,038	110	0,110	345,600	0,053	1,16189
P2-P3	19,7	422,24	421,85	0,0198	0,00400	24,94976	0,8	0,975	25,58949	0,013	0,043	125	0,125	518,400	0,048	1,81246
c1-c2	8,0	421,90	421,88	0,0025	0,00400	10,09843	0,8	0,975	10,35736	0,013	0,031	110	0,110	345,600	0,029	0,48364
c2-c3	6,1	421,88	421,85	0,0049	0,00400	10,09843	0,8	0,975	10,35736	0,013	0,031	110	0,110	345,600	0,029	0,48364
d1-d2	8,1	421,85	421,84	0,0012	0,00400	10,09843	0,8	0,975	10,35736	0,013	0,031	110	0,110	345,600	0,029	0,48364
d2-c3	8,4	421,84	421,90	-0,0071	0,00400	10,09843	0,8	0,975	10,35736	0,013	0,031	110	0,110	345,600	0,029	0,48364
c3-P3	1,4	421,90	421,85	0,0361	0,00400	17,83764	0,8	0,975	18,29502	0,013	0,038	110	0,110	345,600	0,052	1,11112
P3-P4	23,1	421,85	421,44	0,0178	0,00400	38,08047	0,8	0,975	39,05690	0,013	0,050	125	0,125	518,400	0,074	3,34202
e1-e2	8,1	421,85	421,84	0,0012	0,00400	9,63807	0,8	0,975	9,88520	0,013	0,030	110	0,110	345,600	0,028	0,45180
e2-e3	8,4	421,84	421,84	0,0000	0,00400	9,63807	0,8	0,975	9,88520	0,013	0,030	110	0,110	345,600	0,028	0,45180
e3-e4	7,3	421,84	421,78	0,0082	0,00400	9,63807	0,8	0,975	9,88520	0,013	0,030	110	0,110	345,600	0,028	0,45180
e4-e5	12,1	421,78	421,44	0,0280	0,00400	17,02551	0,8	0,975	17,46206	0,013	0,037	110	0,110	345,600	0,049	1,03797
g1-g2	12,3	422,02	422,02	0,0000	0,00400	11,06135	0,8	0,975	11,34498	0,013	0,032	110	0,110	345,600	0,032	0,55246
AD-g2	8,7	422,02	422,02	0,0000	0,00400	0,61857	0,8	0,975	0,63443	0,013	0,011	110	0,110	345,600	0,002	0,05412
g2-g3	15,8	422,02	422,02	0,0000	0,00400	11,59005	0,8	0,975	11,88723	0,013	0,032	110	0,110	345,600	0,034	0,85622
g3-g4	16,9	422,02	422,02	0,0000	0,00400	11,59005	0,8	0,975	11,88723	0,013	0,032	110	0,110	345,600	0,034	0,85622
g4-f6	10,2	422,02	422,02	0,0000	0,00400	11,59005	0,8	0,975	11,88723	0,013	0,032	110	0,110	345,600	0,034	0,85622
f1-f2	8,9	421,76	421,75	0,0011	0,00400	10,72376	0,8	0,975	10,99872	0,013	0,031	110	0,110	345,600	0,031	0,52800
f2-f3	7,3	421,75	421,74	0,0014	0,00400	18,94192	0,8	0,975	19,42761	0,013	0,039	110	0,110	345,600	0,055	1,21303
f3-f4	9,9	421,74	421,74	0,0000	0,00400	23,95432	0,8	0,975	24,56854	0,013	0,042	110	0,110	345,600	0,069	1,70821
f4-f5	7,1	421,74	421,74	0,0000	0,00400	26,38212	0,8	0,975	27,05859	0,013	0,044	110	0,110	345,600	0,076	1,96565
f5-f6	6,5	421,74	422,02	-0,0429	0,00400	28,76824	0,8	0,975	29,50589	0,013	0,045	110	0,110	345,600	0,083	2,22885
f6-f7	11,6	422,02	421,88	0,0121	0,00400	28,76824	0,8	0,975	29,50589	0,013	0,045	110	0,110	345,600	0,083	2,22885

Saluran	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope Medan/ Tanah	Slope Rencana	Q peak (m ³ /hari)	d/D	Q peak/Q full	Q full (m ³ /hari)	n	D Hitungan (m)	D Pasaran (mm)	D Pasar (m)	Q full Cek (m ³ /hari)	Q peak/ Qfull check	Q min (m ³ /hari)
		Awal	Akhir													
f7-f8	12,0	421,88	421,74	0,0117	0,00400	33,43684	0,8	0,975	34,29419	0,013	0,048	110	0,110	345,600	0,097	2,77073
f8-f9	12,1	421,74	421,53	0,0173	0,00400	33,43684	0,8	0,975	34,29419	0,013	0,048	110	0,110	345,600	0,097	2,77073
f9-f10	11,9	421,53	421,46	0,0059	0,00400	39,47619	0,8	0,975	40,48840	0,013	0,051	110	0,110	345,600	0,114	3,51955
f10-e5	12,2	421,46	421,44	0,0016	0,00400	39,47619	0,8	0,975	40,48840	0,013	0,051	110	0,110	345,600	0,114	3,51955
e5-P4	1,4	421,44	421,44	0,0000	0,00400	51,13517	0,8	0,975	52,44633	0,013	0,056	110	0,110	345,600	0,148	5,09683
P4-IPAL	3,5	421,44	421,44	0,0000	0,00400	80,41240	0,8	0,975	82,47425	0,013	0,067	125	0,125	518,400	0,155	9,65844

Sumber: hasil perhitungan

Lanjutan tabel 5.28...

Saluran	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Q min/ Q full Cek	dmin/D	V min/ Vfull	Vfull	Vmin	Slope Manning	Slope digunakan	Q full chek	Q full chek (m ³ /hari)	Q peak / Q full chek	Q min/ Q full check	Vfull check	Vmin check	Vpeak check
		Awal	Akhir														
a1-P1	15,3	422,30	422,27	0,001	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,020	79,2561	0,583	0,300	0,410
P1-P2	11,4	422,27	422,24	0,001	0,115	0,300	0,477	0,143	0,013	0,0126	0,011	907,339	0,010	0,0005	0,846	0,400	0,600
b1-b2	21,2	422,38	422,38	0,002	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,022	0,0011	0,583	0,300	0,410
b2-b3	4,7	422,38	422,37	0,002	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,022	0,0011	0,583	0,300	0,410
b3-b4	11,1	422,37	422,35	0,002	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,022	0,0011	0,583	0,300	0,410
b4-b5	4,5	422,35	422,35	0,002	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,022	0,0011	0,583	0,300	0,410
b5-b6	12,7	422,35	422,33	0,003	0,14	0,310	0,438	0,136	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,038	0,0024	0,583	0,300	0,410
b6-b7	11,3	422,33	422,33	0,003	0,14	0,310	0,438	0,136	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,038	0,0024	0,583	0,300	0,410
b7-P2	1,8	422,33	422,24	0,003	0,14	0,310	0,438	0,136	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,038	0,0024	0,583	0,300	0,410
P2-P3	19,7	422,24	421,85	0,003	0,12	0,315	0,477	0,150	0,013	0,0126	0,011	907,339	0,027	0,0020	0,846	0,400	0,600
c1-c2	8,0	421,90	421,88	0,001	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,021	0,0010	0,583	0,300	0,410
c2-c3	6,1	421,88	421,85	0,001	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,021	0,0010	0,583	0,300	0,410
d1-d2	8,1	421,85	421,84	0,001	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,021	0,0010	0,583		0,410

Saluran	Panjang Pina	Elevasi Medan		Q min/ Q full	dmin/D	V min/ Vfull	Vfull	Vmin	Slope Manning	Slope digunakan	Q full chek	Q full chek	Q peak / Q full	Q min/ Q full	Vfull check	Vmin check	Vpeak check
																0,300	
d2-c3	8,4	421,84	421,90	0,001	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,021	0,0010	0,583	0,300	0,410
c3-P3	1,4	421,90	421,85	0,003	0,14	0,310	0,438	0,136	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,037	0,0023	0,583	0,300	0,410
P3-P4	23,1	421,85	421,44	0,006	0,15	0,340	0,477	0,162	0,013	0,0126	0,011	907,339	0,042	0,0037	0,846	0,400	0,600
e1-e2	8,1	421,85	421,84	0,001	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,020	0,0009	0,583	0,300	0,410
e2-e3	8,4	421,84	421,84	0,001	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,020	0,0009	0,583	0,300	0,410
e3-e4	7,3	421,84	421,78	0,001	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,020	0,0009	0,583	0,300	0,410
e4-e5	12,1	421,78	421,44	0,003	0,14	0,310	0,438	0,136	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,035	0,0021	0,583	0,300	0,410
g1-g2	12,3	422,02	422,02	0,002	0,14	0,340	0,438	0,149	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,023	0,0011	0,583	0,300	0,410
AD-g2	8,7	422,02	422,02	0,000	0,1	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,001	0,0001	0,583	0,300	0,410
g2-g3	15,8	422,02	422,02	0,002	0,14	0,340	0,438	0,149	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,024	0,0018	0,583	0,300	0,410
g3-g4	16,9	422,02	422,02	0,002	0,14	0,340	0,438	0,149	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,024	0,0018	0,583	0,300	0,410
g4-f6	10,2	422,02	422,02	0,002	0,14	0,340	0,438	0,149	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,024	0,0018	0,583	0,300	0,410
f1-f2	8,9	421,76	421,75	0,002	0,115	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,022	0,0011	0,583	0,300	0,410
f2-f3	7,3	421,75	421,74	0,004	0,14	0,310	0,438	0,136	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,039	0,0025	0,583	0,300	0,410
f3-f4	9,9	421,74	421,74	0,005	0,12	0,315	0,438	0,138	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,050	0,0035	0,583	0,300	0,410
f4-f5	7,1	421,74	421,74	0,006	0,13	0,335	0,438	0,147	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,055	0,0041	0,583	0,300	0,410
f5-f6	6,5	421,74	422,02	0,006	0,14	0,320	0,438	0,140	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,059	0,0046	0,583	0,300	0,410
f6-f7	11,6	422,02	421,88	0,006	0,14	0,320	0,438	0,140	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,059	0,0046	0,583	0,300	0,410
f7-f8	12,0	421,88	421,74	0,008	0,15	0,340	0,438	0,149	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,069	0,0057	0,583	0,300	0,410
f8-f9	12,1	421,74	421,53	0,008	0,15	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,069	0,0057	0,583	0,300	0,410
f9-f10	11,9	421,53	421,46	0,010	0,16	0,350	0,438	0,153	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,082	0,0073	0,583	0,300	0,410
f10-e5	12,2	421,46	421,44	0,010	0,16	0,350	0,438	0,153	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,082	0,0073	0,583	0,300	0,410

Saluran	Panjang Pina	Elevasi Medan		Q min/ Q full	dmin/D	V min/ Vfull	Vfull	Vmin	Slope Manning	Slope digunakan	Q full chek	Q full chek	Q peak / Q full	Q min/ Q full	Vfull check	Vmin check	Vpeak check
e5-P4	1,4	421,44	421,44	0,015	0,17	0,370	0,438	0,162	0,007	0,0071	0,006	483,912	0,106	0,0105	0,583	0,300	0,410
P4-IPAL	3,5	421,44	421,44	0,019	0,19	0,385	0,477	0,184	0,013	0,0126	0,011	907,339	0,089	0,0106	0,846	0,400	0,600

Sumber: hasil perhitungan

Tabel 5. 29 Perhitungan luas juring untuk v.min

Saluran	D	dmin/D	1/2 D	d	d-0.5D	α	β	L juring (m ²)	L segitiga (m ²)	L total (m ²)	P	R = A/P	V min asumsi	n	R	s
a1-P1	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
P1-P2	0,13	0,12	0,06	0,0144	-0,05	280,64	79,36	0,003	-0,002	0,001	0,09	0,01	0,40	0,013	0,01	0,0126
b1-b2	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
b2-b3	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
b3-b4	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
b4-b5	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
b5-b6	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
b6-b7	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
b7-P2	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
P2-P3	0,13	0,12	0,06	0,0150	-0,05	278,93	81,07	0,003	-0,002	0,001	0,09	0,01	0,40	0,013	0,01	0,0126
c1-c2	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
c2-c3	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
d1-d2	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
d2-c3	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
c3-P3	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
P3-P4	0,13	0,15	0,06	0,0188	-0,04	268,73	91,27	0,003	-0,002	0,001	0,10	0,01	0,40	0,013	0,01	0,0126
e1-e2	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
e2-e3	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
e3-e4	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,0	0,0071
e4-e5	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
g1-g2	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
AD-g2	0,11	0,10	0,06	0,0110	-0,04	286,26	73,74	0,002	-0,002	0,000	0,07	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
g2-g3	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
g3-g4	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
g4-f6	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071

Saluran	D	dmin/D	1/2 D	d	d-0.5D	α	β	L juring (m ²)	L segitiga (m ²)	L total (m ²)	P	R = A/P	V min asumsi	n	R	s
f1-f2	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
f2-f3	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
f3-f4	0,11	0,12	0,06	0,0132	-0,04	278,93	81,07	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
f4-f5	0,11	0,13	0,06	0,0143	-0,04	275,46	84,54	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
f5-f6	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
f6-f7	0,11	0,14	0,06	0,0154	-0,04	272,11	87,89	0,002	-0,002	0,001	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
f7-f8	0,11	0,15	0,06	0,0165	-0,04	268,85	91,15	0,002	-0,002	0,001	0,09	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
f8-f9	0,11	0,15	0,06	0,0165	-0,04	268,85	91,15	0,002	-0,002	0,001	0,09	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
f9-f10	0,11	0,16	0,06	0,0176	-0,04	265,69	94,31	0,003	-0,002	0,001	0,09	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
f10-e5	0,11	0,16	0,06	0,0176	-0,04	265,69	94,31	0,003	-0,002	0,001	0,09	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
e5-P4	0,11	0,17	0,06	0,0187	-0,04	262,60	97,40	0,003	-0,002	0,001	0,09	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
P4-IPAL	0,13	0,19	0,06	0,0238	-0,04	256,52	103,48	0,004	-0,002	0,002	0,11	0,01	0,40	0,013	0,01	0,0126

Sumber: hasil perhitungan

Tabel 5. 30 Diameter *Greywater+Blackwater* ke AD

Saluran	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Slope Medan/ Tanah	Slope Rencana	Q peak (m ³ /hari)	d/D	Q peak/Q full	Q full	n	D Hitungan (m)	D Pasaran (mm)	D Pasar (m)	Q full Cek (m ³ /hari)	Q peak/ Qfull check	Q min (m ³ /hari)
		Awal	Akhir													
e'1-e'2	8,1	421,85	421,84	0,0012	0,00400	5,18336	0,8	0,975	0,00006	0,013	0,024	110	0,110	345,600	0,015	0,24163
e'2-e'3	8,4	421,84	421,90	-0,0071	0,00400	5,18336	0,8	0,975	0,00006	0,013	0,024	110	0,110	345,600	0,015	0,24163
e'3-e'4	7,3	421,90	421,78	0,0164	0,00400	5,83743	0,8	0,975	0,00007	0,013	0,025	110	0,110	345,600	0,017	0,28741
e'4-e'5	12,1	421,78	421,44	0,0280	0,00400	5,83743	0,8	0,975	0,00007	0,013	0,025	110	0,110	345,600	0,017	0,28741
e'5-e'6	12,2	421,44	421,46	-0,0016	0,00400	5,83743	0,8	0,975	0,00007	0,013	0,025	110	0,110	345,600	0,017	0,28741
e'6-e'7	11,9	421,46	421,46	0,0000	0,00400	5,83743	0,8	0,975	0,00007	0,013	0,025	110	0,110	345,600	0,017	0,28741
e'7-e'8	12,1	421,46	421,74	-0,0231	0,00400	10,01133	0,8	0,975	0,00012	0,013	0,030	110	0,110	345,600	0,029	0,63247
e'8-e'9	12,0	421,74	421,88	-0,0117	0,00400	10,01133	0,8	0,975	0,00012	0,013	0,030	110	0,110	345,600	0,029	0,63247
e'9-h'6	11,1	421,88	422,02	-0,0126	0,00400	10,01133	0,8	0,975	0,00012	0,013	0,030	110	0,110	345,600	0,029	0,63247
h'1-h'2	8,1	421,90	421,74	0,0197	0,00400	13,58128	0,8	0,975	0,00016	0,013	0,034	110	0,110	345,600	0,039	0,98660
h'2-h'3	8,3	421,80	421,74	0,0073	0,00400	5,49703	0,8	0,975	0,00007	0,013	0,024	110	0,110	345,600	0,016	0,26327
h'3-h'4	6,8	421,74	421,74	0,0000	0,00400	5,49703	0,8	0,975	0,00007	0,013	0,024	110	0,110	345,600	0,016	0,26327
h'4-h'5	6,7	421,74	421,74	0,0000	0,00400	5,49703	0,8	0,975	0,00007	0,013	0,024	110	0,110	345,600	0,016	0,26327
h'5-h'6	6,6	421,74	422,02	-0,0421	0,00400	5,49703	0,8	0,975	0,00007	0,013	0,024	110	0,110	345,600	0,016	0,26327

Saluran	Panjang Pina (m)	Elevasi Medan		Slope Medan/	Slope Rencana	Q peak (m ³ /hari)	d/D	Q peak/Q	Q full	n	D Hitungan	D Pasaran	D Pasar	Q full Cek	Q peak/	Q min (m ³ /hari)
h'6-O1	1,3	422,02	422,02	0,0000	0,00400	9,70984	0,8	0,975	0,00012	0,013	0,030	110	0,110	345,600	0,028	0,60483
O1-O2	10,2	422,02	422,02	0,0000	0,00400	20,72893	0,8	0,975	0,00025	0,013	0,040	125	0,125	518,400	0,040	1,81921
O2-O3	16,9	422,02	422,02	0,0000	0,00400	5,24644	0,8	0,975	0,00006	0,013	0,024	125	0,125	518,400	0,010	0,24594
O3-O4	17,2	422,02	422,02	0,0000	0,00400	5,24644	0,8	0,975	0,00006	0,013	0,024	125	0,125	518,400	0,010	0,24594
O4-O5	16,1	422,02	422,02	0,0000	0,00400	5,24644	0,8	0,975	0,00006	0,013	0,024	125	0,125	518,400	0,010	0,24594
O5-AD	4,1	422,02	422,02	0,0000	0,00400	9,26776	0,8	0,975	0,00011	0,013	0,030	125	0,125	518,400	0,018	0,56501

Sumber: hasil perhitungan

Lanjutan tabel 5.30...

Saluran	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Q min/ Q full Cek	dmin/D	V min/ Vfull	Vfull	Vmin	Slope Manning	Slope digun akan	Q full chek	Q peak / Q full chek	Q min/ Q full check	Vfull check	Vmin check	Vpeak check
		Awal	Akhir													
e'1-e'2	8,1	421,85	421,84	0,001	0,1	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	0,011	0,0005	0,583	0,300	0,390
e'2-e'3	8,4	421,84	421,90	0,001	0,1	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	0,011	0,0005	0,583	0,300	0,390
e'3-e'4	7,3	421,90	421,78	0,001	0,1	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	0,012	0,0006	0,583	0,300	0,390
e'4-e'5	12,1	421,78	421,44	0,001	0,1	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	0,012	0,0006	0,583	0,300	0,390
e'5-e'6	12,2	421,44	421,46	0,001	0,1	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	0,012	0,0006	0,583	0,300	0,390
e'6-e'7	11,9	421,46	421,46	0,001	0,1	0,300	0,438	0,131	0,007	0,0071	0,006	0,012	0,0006	0,583	0,300	0,390
e'7-e'8	12,1	421,46	421,74	0,002	0,115	0,310	0,438	0,136	0,007	0,0071	0,006	0,021	0,0013	0,583	0,300	0,390
e'8-e'9	12,0	421,74	421,88	0,002	0,115	0,310	0,438	0,136	0,007	0,0071	0,006	0,021	0,0013	0,583	0,300	0,390
e'9-h'6	11,1	421,88	422,02	0,002	0,115	0,310	0,438	0,136	0,007	0,0071	0,006	0,021	0,0013	0,583	0,300	0,390
h'1-h'2	8,1	421,90	421,74	0,003	0,12	0,315	0,438	0,138	0,007	0,0071	0,006	0,028	0,0020	0,583	0,300	0,390
h'2-h'3	8,3	421,80	421,74	0,001	0,1	0,438	0,438	0,192	0,007	0,0071	0,006	0,011	0,0005	0,583	0,300	0,390
h'3-h'4	6,8	421,74	421,74	0,001	0,1	0,438	0,438	0,192	0,007	0,0071	0,006	0,011	0,0005	0,583	0,300	0,390
h'4-h'5	6,7	421,74	421,74	0,001	0,1	0,438	0,438	0,192	0,007	0,0071	0,006	0,011	0,0005	0,583	0,300	0,390
h'5-h'6	6,6	421,74	422,02	0,001	0,1	0,438	0,438	0,192	0,007	0,0071	0,006	0,011	0,0005	0,583	0,300	0,390
h'6-O1	1,3	422,02	422,02	0,002	0,115	0,310	0,438	0,136	0,007	0,0071	0,006	0,020	0,0012	0,583	0,300	0,390
O1-O2	10,2	422,02	422,02	0,004	0,15	0,340	0,477	0,162	0,007	0,0071	0,008	0,030	0,0027	0,635	0,300	0,430
O2-O3	16,9	422,02	422,02	0,000	0,1	0,300	0,477	0,143	0,007	0,0071	0,008	0,008	0,0004	0,635	0,300	0,430
O3-O4	17,2	422,02	422,02	0,000	0,1	0,300	0,477	0,143	0,007	0,0071	0,008	0,008	0,0004	0,635	0,300	0,430
O4-O5	16,1	422,02	422,02	0,000	0,1	0,300	0,477	0,143	0,007	0,0071	0,008	0,008	0,0004	0,635	0,300	0,430
O5-AD	4,1	422,02	422,02	0,001	0,115	0,310	0,477	0,148	0,007	0,0071	0,008	0,014	0,0008	0,635	0,300	0,430

Sumber: hasil perhitungan

Tabel 5. 31 Perhitungan luas juring untuk v.min pipa

Saluran	D	dmin/D	1/2 D	d	d-0.5D	α	β	L juring (m ²)	L segitiga (m ²)	L total (m ²)	P	R = A/P	V min asumsi	n	R	S
e'1-e'2	0,11	0,10	0,06	0,0110	-0,04	286,26	73,74	0,002	-0,002	0,0004	0,07	0,01	0,30	0,013	0,0	0,0071
e'2-e'3	0,11	0,10	0,06	0,0110	-0,04	286,26	73,74	0,002	-0,002	0,0004	0,07	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
e'3-e'4	0,11	0,10	0,06	0,0110	-0,04	286,26	73,74	0,002	-0,002	0,0004	0,07	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
e'4-e'5	0,11	0,10	0,06	0,0110	-0,04	286,26	73,74	0,002	-0,002	0,0004	0,07	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
e'5-e'6	0,11	0,10	0,06	0,0110	-0,04	286,26	73,74	0,002	-0,002	0,0004	0,07	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
e'6-e'7	0,11	0,10	0,06	0,0110	-0,04	286,26	73,74	0,002	-0,002	0,0004	0,07	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
e'7-e'8	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,0006	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
e'8-e'9	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,0006	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
e'9-h'6	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,0006	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
h'1-h'2	0,11	0,12	0,06	0,0132	-0,04	278,93	81,07	0,002	-0,002	0,0006	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
h'2-h'3	0,11	0,10	0,06	0,0110	-0,04	286,26	73,74	0,002	-0,002	0,0004	0,07	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
h'3-h'4	0,11	0,10	0,06	0,0110	-0,04	286,26	73,74	0,002	-0,002	0,0004	0,07	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
h'4-h'5	0,11	0,10	0,06	0,0110	-0,04	286,26	73,74	0,002	-0,002	0,0004	0,07	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
h'5-h'6	0,11	0,10	0,06	0,0110	-0,04	286,26	73,74	0,002	-0,002	0,0004	0,07	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
h'6-O1	0,11	0,12	0,06	0,0127	-0,04	280,54	79,46	0,002	-0,002	0,0006	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
O1-O2	0,13	0,15	0,06	0,0188	-0,04	268,73	91,27	0,003	-0,002	0,0011	0,10	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
O2-O3	0,13	0,10	0,06	0,0125	-0,05	286,26	73,74	0,003	-0,002	0,0006	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
O3-O4	0,13	0,10	0,06	0,0125	-0,05	286,26	73,74	0,003	-0,002	0,0006	0,08	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071
O4-O5	0,13	0,10	0,06	0,0125	-0,05	286,26	73,74	0,003	-0,002	0,0006	0,08	0,01	0,30	0,013	0,0	0,0071
O5-AD	0,13	0,12	0,06	0,0144	-0,05	280,64	79,36	0,003	-0,002	0,0008	0,09	0,01	0,30	0,013	0,01	0,0071

Sumber: hasil perhitungan

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

5.8.3 Penanaman pipa

Penanaman pipa mengikuti slope medan/pipa yang telah ditetapkan sebelumnya. Slope tersebut diusahakan sedapat mungkin mengikuti slope medan dan diusahakan sedemikian rupa sehingga pemompaan tidak diperlukan. Untuk beberapa pipa yang memiliki slope lebih landai daripada slope muka tanah dan juga mempunyai beda ketinggian lebih dari 1 meter dapat digunakan drop manhole.

Penanaman pipa harus memperhatikan perubahan diameter, dikarenakan perbesaran dan pengecilan pipa mempengaruhi cara perhitungan. Berikut adalah beberapa metode perhitungan dalam penanaman pipa:

Untuk penanaman pipa pertama

- Elevasi atas awal = Elevasi tanah awal – 1
- Elevasi atas akhir = Elevasi atas awal – headloss
- Elevasi dasar awal = Elevasi atas awal – diameter
- Elevasi dasar akhir = Elevasi dasar awal – headloss

Untuk perubahan diameter menjadi lebih besar

- Elevasi atas awal = Elevasi atas akhir pipa sebelumnya
- Elevasi atas akhir = Elevasi atas awal – headloss
- Elevasi dasar awal = Elevasi atas awal – diameter
- Elevasi dasar akhir = Elevasi dasar awal – headloss

Setelah diketahui dimensi pipa SPAL yang digunakan, maka dilakukan perhitungan penanaman pipa. Berikut contoh perhitungan penanaman dari sistem penyaluran air limbah:

Contoh perhitungan untuk pipa b1– b2

Slope pipa b1 – b2 = 0.0071

Muka Tanah

- Elevasi tanah awal (a) : 422,38 m
- Elevasi tanah akhir (b) : 422,38 m

Pipa b1 – b2

- Panjang pipa (L) : 21,2 m
- Slope pipa (S) : 0,0071 m
- Diameter pipa : 110 mm = 0,110 m
- Kedalaman penanaman awal : 0,5 m

Elevasi awal pipa

- Elevasi atas = Elevasi muka tanah awal – Kedalaman awal
= 422,38 m – 0,5 = 421,88 m

Elevasi bawah = Elevasi atas awal pipa – diameter pipa
= 421,88 m – 0,11 = 421,77 m

Elevasi dasar pipa

Elevasi atas = Elevasi atas awal pipa – ΔH
= 421,88 m – (0,15) = 421,73 m

Elevasi bawah = Elevasi atas pipa akhir - diameter pipa
= 421,73 – 0,11 = 421,62 m

Kedalaman penanaman

Kedalaman penanaman Akhir = 422,38 – 421,62 = 0,76 m.

Perhitungan kedalaman penanaman pipa menuju ABR-AF dapat dilihat pada Tabel 5.32 dan penanaman pipa menuju AD dapat dilihat Tabel 5.33

Tabel 5. 32 Penanaman pipa *greywater* dan *blackwater* ke ABR-AF

Jalur Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Diameter Inner (m)	Diameter Outer (mm)	Diam pakai (mm)	Slope Medan	Slope Digunakan	Headloss (m)	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Akhir pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
		Awal	Akhir							Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
P1-P2	11,4	422,29	422,24	99,4	113,0	125	0,0026	0,0126	0,14	421,29	421,15	421,17	421,02	1,12	1,22
a1-P1	15,3	422,30	422,29	99,4	110,2	125	0,0020	0,0071	0,11	421,80	421,69	421,68	421,57	0,62	0,72
b1-b2	21,2	422,38	422,38	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,15	421,88	421,73	421,77	421,62	0,61	0,76
b2-b3	4,7	422,38	422,37	99,4	110,2	110	0,0021	0,0071	0,03	421,73	421,70	421,62	421,59	0,76	0,78
b3-b4	11,1	422,37	422,35	99,4	110,2	110	0,0018	0,0071	0,08	421,70	421,62	421,59	421,51	0,78	0,84
b4-b5	4,5	422,35	422,35	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,03	421,62	421,59	421,51	421,48	0,84	0,87
b5-b6	12,7	422,35	422,33	99,4	110,2	110	0,0016	0,0071	0,09	421,59	421,50	421,48	421,39	0,87	0,94
b6-b7	11,3	422,33	422,33	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,08	421,50	421,42	421,39	421,31	0,94	1,02
b7-P2	1,8	422,33	422,24	99,4	110,2	110	0,0501	0,0150	0,03	421,42	421,15	421,31	421,02	1,02	1,22
P2-P3	19,7	422,24	421,85	99,4	113,0	125	0,0198	0,0126	0,25	421,15	420,90	421,02	420,77	1,22	1,08
c1-c2	8,0	421,90	421,88	99,4	110,2	110	0,0025	0,0071	0,06	421,40	421,34	421,29	421,23	0,61	0,65
c2-c3	6,1	421,88	421,85	99,4	110,2	110	0,0049	0,0071	0,04	421,34	421,30	421,23	421,19	0,65	0,66
d1-d2	8,1	421,85	421,84	99,4	110,2	110	0,0012	0,0071	0,03	421,35	421,32	421,24	421,21	0,61	0,63
d2-c3	8,4	421,84	421,90	99,4	110,2	110	-0,0071	0,0071	0,06	421,32	421,30	421,21	421,19	0,63	0,71
c3-P3	1,4	421,90	421,85	99,4	110,2	110	0,0361	0,0071	0,01	421,30	420,90	421,19	420,77	0,71	1,08
P3-P4	23,1	421,85	421,44	99,4	113,0	125	0,0178	0,0126	0,29	420,90	420,61	420,77	420,48	1,08	0,96
e1-e2	8,1	421,85	421,84	99,4	110,2	110	0,0012	0,0071	0,06	420,85	420,79	420,74	420,68	1,11	1,16
e2-e3	8,4	421,84	421,84	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,06	420,79	420,73	420,68	420,62	1,16	1,22
e3-e4	7,3	421,84	421,78	99,4	110,2	110	0,0082	0,0071	0,05	420,73	420,68	420,62	420,57	1,22	1,21
e4-e5	12,1	421,78	421,44	99,4	110,2	110	0,0280	0,0071	0,09	420,68	420,60	420,57	420,49	1,21	0,95
g1-g2	12,3	422,02	422,02	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,09	421,52	421,43	421,41	421,32	0,61	0,70
AD-g2	8,7	422,02	422,02	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,06	421,52	421,43	421,41	421,32	0,61	0,70
g2-g3	15,8	422,02	422,02	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,11	421,43	421,32	421,32	421,21	0,70	0,81
g3-g4	16,9	422,02	422,02	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,12	421,32	421,20	421,21	421,09	0,81	0,93
g4-f6	10,2	422,02	422,02	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,07	421,20	420,99	421,09	420,88	0,93	1,14
f1-f2	8,9	421,76	421,75	99,4	110,2	110	0,0011	0,0071	0,06	421,26	421,20	421,15	421,09	0,61	0,66
f2-f3	7,3	421,75	421,74	99,4	110,2	110	0,0014	0,0071	0,05	421,20	421,15	421,09	421,04	0,66	0,70
f3-f4	9,9	421,74	421,74	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,07	421,15	421,09	421,04	420,98	0,70	0,76
f4-f5	7,1	421,74	421,74	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,05	421,09	421,04	420,98	420,93	0,76	0,81
f5-f6	6,5	421,74	422,02	99,4	110,2	110	-0,0429	0,0071	0,05	421,04	420,99	420,93	420,88	0,81	1,14
f6-f7	11,6	422,02	421,88	99,4	110,2	110	0,0121	0,0071	0,08	420,99	420,91	420,88	420,80	1,14	1,08
f7-f8	12,0	421,88	421,74	99,4	110,2	110	0,0117	0,0071	0,08	420,91	420,83	420,80	420,72	1,08	1,02
f8-f9	12,1	421,74	421,53	99,4	110,2	110	0,0173	0,0071	0,09	420,83	420,74	420,72	420,63	1,02	0,90
f9-f10	11,9	421,53	421,46	99,4	110,2	110	0,0059	0,0071	0,08	420,74	420,66	420,63	420,55	0,90	0,91
f10-e5	12,2	421,46	421,44	99,4	113,0	110	0,0016	0,0071	0,09	420,66	420,60	420,55	420,49	0,91	0,95

Jalur Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Diameter Inner (m)	Diameter Outer (mm)	Diam pakai (mm)	Slope Medan	Slope Digunakan	Headloss (m)	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Akhir pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
		Awal	Akhir							Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
e5-P4	1,4	421,44	421,44	99,4	110,2	110	0,0000	0,0071	0,01	420,60	420,61	420,49	420,48	0,95	0,96
P4-IPAL	3,5	421,44	421,44	99,4	113,0	125	0,0000	0,0126	0,04	420,61	420,56	420,48	420,44	0,96	1,00

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 5. 33 Penanaman pipa *blackwater* ke digester

Jalur Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Diam pakai (mm)	Slope Medan	Slope Digunakan	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Akhir pipa (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
		Awal	Akhir				Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
e'1-e'2	8,116	421,85	421,84	110	0,0012	0,0071	421,35	421,29	421,24	421,18	0,61	0,66
e'2-e'3	8,4031	421,84	421,90	110	-0,0071	0,0071	421,29	421,23	421,18	421,12	0,66	0,78
e'3-e'4	7,3185	421,90	421,78	110	0,0164	0,0071	421,23	421,18	421,12	421,07	0,78	0,71
e'4-e'5	12,13	421,78	421,44	110	0,0280	0,0071	421,18	421,10	421,07	420,99	0,71	0,45
e'5-e'6	12,183	421,44	421,46	110	-0,0016	0,0071	421,10	421,01	420,99	420,90	0,45	0,56
e'6-e'7	11,866	421,46	421,46	110	0,0000	0,0071	421,01	420,92	420,90	420,81	0,56	0,65
e'7-e'8	12,145	421,46	421,74	110	-0,0231	0,0071	420,92	420,84	420,81	420,73	0,65	1,01
e'8-e'9	12	421,74	421,88	110	-0,0117	0,0071	420,84	420,75	420,73	420,64	1,01	1,24
e'9-h'6	11,148	421,88	422,02	110	-0,0126	0,0071	420,75	421,14	421,72	421,03	0,16	0,99
h'1-h'2	8,1254	421,90	421,74	110	0,0197	0,0071	421,40	421,34	421,29	421,23	0,61	0,51
h'2-h'3	8,2529	421,80	421,74	110	0,0073	0,0071	421,34	421,28	421,23	421,17	0,57	0,57
h'3-h'4	6,8306	421,74	421,74	110	0,0000	0,0071	421,28	421,24	421,17	421,13	0,57	0,61
h'4-h'5	6,7336	421,74	421,74	110	0,0000	0,0071	421,24	421,19	421,13	421,08	0,61	0,66
h'5-h'6	6,6472	421,74	422,02	110	-0,0421	0,0071	421,19	421,14	421,08	421,03	0,66	0,99
h'6-O1	1,3128	422,02	422,02	110	0,0000	0,0000	421,14	421,72	421,03	421,61	0,99	0,41
O1-O2	10,2056	422,02	422,02	125	0,0000	0,0071	421,02	420,95	420,90	420,82	1,12	1,20
O2-O3	16,8666	422,02	422,02	125	0,0000	0,0071	420,95	420,83	420,82	420,70	1,20	1,32
O3-O4	17,201	422,02	422,02	125	0,0000	0,0071	420,83	420,71	420,70	420,58	1,32	1,44
O4-O5	16,0947	422,02	422,02	125	0,0000	0,0071	420,71	420,59	420,58	420,47	1,44	1,55
O5-AD	4,1299	422,02	422,02	125	0,0000	0,0071	420,59	420,56	420,47	420,44	1,55	1,58

Sumber: hasil perhitungan

5.9 Perencanaan Instalasi Pengolah Limbah *Blackwater*

Limbah *blackwater* yang dihasilkan akan dimanfaatkan sebagai penghasil gas metan menggunakan digester. Digester yang digunakan berupa anaerobik digester tipe fixed dome. Tipe ini merupakan tipe yang paling banyak dipakai di Indonesia. Tipe kubah adalah berupa digester yang dibangun dengan menggali tanah kemudian dibuat dengan bata, pasir, dan semen yang berbentuk seperti rongga yang kedap udara dan berstruktur seperti kubah (bulatan setengah bola).

Digester yang direncanakan digester tipe *fixed dome* dengan sistem konvensional *low-rate* digester. Direncanakan digester akan beroperasi pada suhu 30-35°C (suhu mesophilic) yang merupakan suhu optimum dihasilkannya biogas untuk *conventional digester*.

Kandungan 1 m³ biogas setara dengan 0,46 kg elpiji, (Widyastuti, dkk., 2013). Berdasarkan survei yang dilakukan didapatkan data bahwa dalam 2 hari dibutuhkan 3 tabung biogas 12 kg. Apabila 1kg = 1,96 L, maka kebutuhan LPG dapat dihitung sebagai berikut:

- Kebutuhan LPG dalam 1 hari = ((12 kg x 3)=36 kg
- Kebutuhan biogas dalam 1 hari = 36 / 0,46 = 76,7 m³/hari

Pada perencanaan kali ini *Anaerobic digester* melayani blok 4 dan 5 saja dikarenakan jangkauan pipa *blackwater* menuju dapur yang paling terdekat adalah blok 4 dan 5, selain itu penggunaan *blackwater* blok 4 dan 5 dapat meminimalisir dimensi dari digester. Penghuni blok 4 dan 5 berjumlah 240 orang, sehingga dapat dihitung keperluan dimensi digester.

5.9.1 Perhitungan dimensi digester

Dimensi digester dihitung berdasarkan debit *greywater* yang dihasilkan.

$$\begin{aligned} Q_{\text{blackwater}} &= 240 \text{ orang} \times 10 \text{ L/orang.hari} \\ &= 2400 \text{ L/hari} = 2,4 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume digester} &= Q \times \text{SRT} \\ &= 2,4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 15 \text{ hari} \\ &= 36 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan digester berbentuk setengah bola dan memiliki kedalaman 2 meter, maka

$$\begin{aligned}\text{Luas permukaan digester} &= 36 \text{ m}^3 / 2 \text{ meter} \\ &= 18 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Diameter digester = 4,7 meter

Direncanakan ruang kosong dari puncak kubah = 0,3 meter

$$\begin{aligned}\text{V Ruang inlet} &= Q \times t_d \\ &= 2,4 \times 1 \text{ hari} \\ &= 2,4 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Kedalaman penanaman SPAL BW akhir = 0,3 meter

H. Ruang inlet = 0,5 meter + freeboard

H. Ruang inlet = 0,5 meter + 0,3 m = 0,8 meter

, jika P:L = 2: 1 maka L = 1,22 meter P = 2,44 meter

- Keseimbangan massa

- TSS

$$\text{Beban TSS} = Q \text{ blackwater} \times [TSS]$$

$$10 \text{ gr/org.hari} \times 240 \text{ orang} = 2400 \text{ L/hari} \times [TSS]$$

$$[TSS] = \frac{2400 \text{ g/hari}}{2400 \text{ L/hari}}$$

$$[TSS] = 1 \text{ g/L}$$

$$\text{Massa TSS in} = Q \text{ blackwater} \times [TSS]$$

$$= 2400 \text{ L/hari} \times 1 \text{ g/L}$$

$$= 2,4 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa TSS teremoval} = 50\% \times \text{massa TSS in}$$

$$= 50\% \times 2,4 \text{ kg/hari}$$

$$= 1,2 \text{ kg/hari}$$

- COD

$$\text{Beban COD} = Q \text{ blackwater} \times [COD]$$

$$27 \text{ gr/org.hari} \times 240 \text{ org} = 2400 \text{ L/hari} \times [COD]$$

$$[COD] = \frac{6480 \text{ g/hari}}{2400 \text{ L/hari}}$$

$$[COD] = 2,7 \text{ g/L}$$

$$\text{Massa COD in} = Q \text{ blackwater} \times [COD]$$

$$= 2400 \text{ L/hari} \times 2,7 \text{ g/L}$$

$$= 6,48 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa COD teremoval} = 80\% \times \text{massa COD in}$$

$$= 80\% \times 6,48 \text{ kg/hari}$$

$$= 5,184 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa COD out} = 6,48 \text{ kg/hari} - 5,184 \text{ kg/hari}$$

$$= 1,296 \text{ kg/hari}$$

- BOD

$$\text{Beban BOD} = Q \text{ blackwater} \times [\text{BOD}]$$

$$14,75 \text{ gr/org.hari} \times 240 \text{ orang} = 2400 \text{ L/hari} \times [\text{BOD}]$$

$$[\text{BOD}] = \frac{3540 \text{ g/hari}}{4560 \text{ L/hari}}$$

$$[\text{BOD}] = 1,475 \text{ g/L}$$

$$\text{Massa BOD in} = Q \text{ blackwater} \times [\text{BOD}]$$

$$= 2400 \text{ L/hari} \times 1,475 \text{ g/L}$$

$$= 3,54 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa BOD teremoval} = 65\% \times \text{massa BOD in}$$

$$= 65\% \times 3,54 \text{ kg/hari}$$

$$= 2,124 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa BOD out} = 3,54 \text{ kg/hari} - 2,124 \text{ kg/hari}$$

$$= 1,42 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa N in} = Q \text{ blackwater} \times [\text{N}]$$

$$= 2400 \text{ L/hari} \times 200 \text{ mg/L}$$

$$= 0,48 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa N teremoval} = 30\% \times \text{massa N in}$$

$$= 30\% \times 0,48 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,144 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa N out} = 0,48 \text{ kg/hari} - 0,144 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,336 \text{ kg/hari}$$

5.9.2 Perhitungan sumur pengumpul

Sumur pengumpul direncanakan dibuat sebelum masuk ke dalam digester sehingga perhitungan sebagai berikut:

Waktu detensi sumur pengumpul (<10 menit)

$$Q \text{ rata-rata} = 2400 \text{ L/hari} = 2,78 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q \text{ peak} = 4120 \text{ L/hari} = 4,77 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q \text{ min} = 360 \text{ L/hari} = 4,16 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Volume} = Q \text{ peak} \times T_d$$

$$= 2,78 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times (9 \times 300) \text{ detik}$$

$$= 0,074 \text{ m}^3$$

$$\text{Kedalaman} = 0,5 \text{ meter}$$

$$\text{Luas permukaan} = \frac{V}{h} = \frac{0,074 \text{ m}^3}{0,5} = 0,148 \text{ m}^2$$

Jika P:L= 1:1,

Maka Panjang dan lebar sumur adalah sebesar 40 cm
 Panjang dan lebar permukaan sumur direncanakan sebesar 80 cm dengan kedalaman 1,6 meter sesuai dengan kedalaman pipa terakhir, namun dimensi sumur akan diperkecil saat kedalaman 0,5 meter sesuai dengan perhitungan. Hal ini dilakukan karena desain terlalu kecil.

$$\begin{aligned} \text{H. air saat } Q \text{ rata-rata} &= (Q \text{ rata-rata} \times T_d) / A_s \\ &= (2,78 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 540 \text{ detik}) / 0,148 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$= 0,1 \text{ meter} = 100 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{H. air saat } Q \text{ peak} &= (Q \text{ peak} \times T_d) / A_s \\ &= (4,77 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 540 \text{ detik}) / 0,148 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$= 0,17 \text{ meter} = 170 \text{ cm}$$

Sumur pengumpul dilengkapi dengan pompa submersible, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Q \text{ rata-rata} = 2400 \text{ L/hari} = 0,0278 \text{ L/detik}$$

Direncanakan pipa berada pada elevasi 421,72, sehingga perhitungan head pompa sebagai berikut

- Head statik = 1,58 meter
- Panjang total pipa discharge (sumur-AD) = 3,5 meter
- Direncanakan kecepatan dalam pipa sebesar 1 m/s
- Luas tiap pipa discharge = $\frac{Q}{v} = \frac{0,0000278 \text{ m}^3}{1 \text{ m/s}} =$

$$0,0000278 \text{ m}^2$$

$$\bullet \text{ Diameter pipa} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0000278}{\pi}} = 0,006 \text{ m} = 5,9$$

mm Digunakan pipa dengan diameter pasaran 17mm, dengan diameter dalam 16,2 mm

$$\text{Cek } v \text{ pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0000278 \text{ m}^3}{\frac{1}{4} \pi \times 0,0162^2 \text{ m}} = 0,14 \text{ m/s}$$

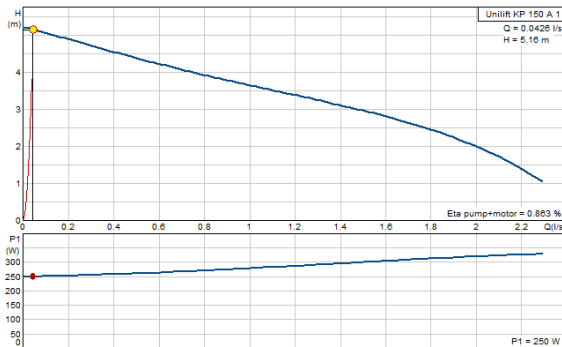
- Headloss discharge

$$\begin{aligned} &= \frac{L}{(0,00155 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times Q^{1,85} \\ &= \frac{3,5}{(0,00155 \times 120 \times 1,62^{2,63})^{1,85}} \times 0,0278^{1,85} \end{aligned}$$

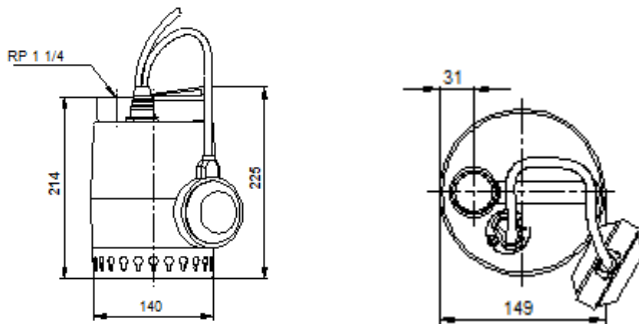
= 0,01 meter

- Head total = 1,58 + 0,01 meter = 1,59 meter

Sehingga didapatkan pompa gundfros submersible dengan jenis produk KP 150 A dengan maksimum head 5,5 m. Pompa ini dapat diset up secara otomatis maupun manual serta bisa dipasang dengan permanen juga bisa dioperasikan sebagai pompa air portable. Memiliki body yang terbuat dari bahan stainless menjadikan lebih tahan terhadap korosi meskipun terendam air dengan kontaminasi zat yang sangat beragam. Pompa yang digunakan disajikan dalam Gambar 5.11 dan Gambar 5.12.



Gambar 5. 11 Grafik pompa air limbah
Sumber: Grundfos dan Ebara, 2007



Gambar 5. 12 Pompa air limbah

Sumber: Grundfos dan Ebara, 2007

5.9.3 Perhitungan produksi gas

Produksi gas dihitung berdasarkan COD metana yang dihasilkan. Perhitungan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Massa COD in} &= Q \text{ blackwater} \times [\text{COD}] \\ &= 2400 \text{ L/hari} \times 2,7 \text{ g/L} \\ &= 6,48 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa COD teremoval} &= 80\% \times \text{massa COD in} \\ &= 80\% \times 6,48 \text{ kg/hari} \\ &= 5,184 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa COD efluen} &= 6,48 \text{ kg/hari} - 5,184 \text{ kg/hari} \\ &= 1,296 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD VSS} &= \text{Rasio COD/VSS} \times Y_x \text{ Removal COD} \times \text{COD influen} \\ &= 1,42 \times 0,04 \times 80\% \times 6,48 \text{ kg/hari} \\ &= 0,29 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD metana} &= \text{COD in} - \text{COD efluen} - \text{COD VSS} \\ &= 6,48 \text{ kg/hr} - 1,296 \text{ kg/hr} - 0,29 \text{ kg/hr} \\ &= 4,894 \text{ kg/hari} \\ &= 4894 \text{ g/hari}\end{aligned}$$

- Menghitung faktor konversi suhu gas metana

Direncanakan digester akan beroperasi pada suhu 35°C (suhu mesophilic) yang merupakan suhu optimum dihasilkannya biogas untuk *conventional digester*.

$$\text{Volume gas metana} = \frac{nRT}{P}$$

$$\text{Volume gas metana} = \frac{1 \text{ mol} \times 0,082057 \times (273 + 35)^\circ\text{K}}{1 \text{ atm}}$$

$$\text{Volume gas metana} = 25,29 \text{ liter}$$

Melalui reaksi 2.51 dapat diketahui, COD per mol metana adalah $2 \times 32 \text{ O}_2/\text{mol}$ 64 gram O_2/mol CH_4 . Volume metana dalam kondisi standard adalah 22,14 L diperoleh rumus berikut:

$$\text{Volume gas metan/ gram COD} = \frac{25,3 \text{ liter}}{64 \text{ gram COD}} = 0,39 = 0,4$$

$$\begin{aligned}\text{Produksi CH}_4 &= \text{COD metana} \times \text{Volume gas metana} \\ &= 4894 \text{ g/hari} \times 0,4 \text{ L/gram} \\ &= 1957,6 \text{ liter/hari} = 1,9576 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Volume penampung gas = Produksi CH₄

Volume penampung gas = Luas alas x h. Penampung

$$1,9576 \text{ m}^3/\text{hari} = \frac{1}{2} x \frac{4}{3} \pi r^2 h$$

$$1,9576 \text{ m}^3/\text{hari} = \frac{1}{2} x \frac{4}{3} \pi x 2,35 x 2,35 x h \text{ penampung gas}^3$$

H penampung gas = 0,17 m

Jarak bebas dari puncak kubah = 0,2 meter

Total tinggi kubah = 0,37 meter = 0,4 meter

Diperkirakan terjadi akumulasi gas seiring waktu fermentasi berlangsung sebesar 50% maka ketinggian kubah bertambah 50% sehingga total tinggi kubah = 0,8 m.

5.9.3 Perhitungan produksi lumpur

Lumpur yang dihasilkan dalam digester berupa lumpur TSS dan lumpur BOD. Berikut perhitungan selengkapnya:

$$Y_{obs} = \frac{y}{1 + k_d T_c}$$

$$Y_{obs} = \frac{0,4 \text{ kg VSS/kg BOD}}{1 + (0,02 \times 15 \text{ hari})} = 0,275 \text{ kg VSS/kg BOD}$$

$$P_x \text{ MLVSS} = \frac{(YQ(S_0 - S_e))}{1000}$$

$$P_x \text{ MLVSS} = \frac{0,275 \cdot 2,4 \text{ m}^3/\text{hari} (3,54 - 2,124)}{1}$$

$$P_x \text{ MLVSS} = 1,0494 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned} P_x \text{ MLSS} &= P_x(\text{MLVSS})/0,8 \\ &= 1,0494/0,8 \text{ kg/hari} \\ &= 1,312 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa TSS teremoval} &= 50\% \times \text{massa TSS in} \\ &= 50\% \times 2,4 \text{ kg/hari} \\ &= 1,2 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

• Massa lumpur yang harus dibuang

$$\begin{aligned} P_x (\text{ss}) &= P_x \text{ MLSS} + \text{SS teremoval} \\ &= 1,312 \text{ kg/hari} + 1,2 \text{ kg/hari} \\ &= 2,512 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Menurut metcalf dan eddy, 2003 kriteria persen solid antara 1,5%-4%, pada perencanaan ini digunakan % solid tipikal untuk lumpur tanpa pengolahan yaitu 4%

$$Q \text{ lumpur} = \frac{P_x}{\text{ss} \times \text{pw} \times \% \text{solid}}$$

$$= \frac{2,512}{1,005 \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4\%}$$

$$= 0,06 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Sehingga Q effluen adalah sebesar:

Q effluen = Q_{in} – Q produksi gas- Q lumpur

Q effluen = $2,4 \text{ m}^3/\text{hari} - 1,9576 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,06 \text{ m}^3/\text{hari}$

Q effluen = $0,382 \text{ m}^3/\text{hari}$

- Menghitung dimensi outlet

Direncanakan $t_d = 10$ hari

Volume bak outlet = $Q \times t_d$
 $= 0,382 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10 \text{ hari}$
 $= 3,82 \text{ m}^3$

Kedalaman penanaman pipa effluen AD = 0,5 meter, dan freeboard sehingga 0,2 meter. Bila direncanakan $h = 2$ meter, maka

kedalaman ruang outlet = $2 \text{ meter} - 0,2 \text{ m} - 0,5 \text{ m} = 1,3 \text{ meter}$

luas ruang outlet adalah

Luas ruang outlet = volume bak outlet/ kedalaman
 $= 3,82 \text{ m}^3 / 1,3 \text{ m}$
 $= 2,94 \text{ m}^2$

Direncanakan dimensi P:L = 2:1, maka:

Luas ruang outlet = $2L \times L$

$2,94 \text{ m}^2 = 2L^2$

Lebar bak outlet = $1,21 \text{ m}$

Panjang bak outlet = $2,42 \text{ meter}$

5.9.4 Perhitungan struktur inlet dan outlet

Struktur inlet dan outlet yang dihitung berupa dimensi pipa yang digunakan.

- Pipa inlet

Q in *blackwater* = $2,4 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kecepatan dalam pipa = $0,3 \text{ m/s}$

Diameter pipa digunakan = 125 mm (SPAL *blackwater*)

- Pipa effluen lumpur

Bila direncanakan lumpur dikuras tiap satu tahun sekali

Q lumpur = $2,512 \text{ m}^3/\text{hari} \times 12 \times 30 \text{ hari} = 904,32 \text{ m}^3$

Kecepatan dalam pipa = $0,3 \text{ m/s}$

Lama pengurasan lumpur = 5 jam

$$\begin{aligned}\text{Luas pipa lumpur} &= \frac{Q_{\text{efluen}}}{v_{\text{pipa efluén}}} \\ &= \frac{904,328 \frac{\text{m}^3}{\text{tahun}}}{0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{jam}}} \\ &= 0,015 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter pipa lumpur} &= \sqrt{\frac{4 \times A_{\text{Pipa lumpur}}}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,015 \text{ m}^2}{\pi}} \\ &= 0,138 \text{ m}\end{aligned}$$

Diameter pipa pasaran = 140 mm

- Pipa effluen fitrat
Pipa ini menuju ABR dan AF sehingga disesuaikan dengan perhitungan pada SPAL ABR-AF
 Q in *blackwater* = 0,240 m³/hari
Kecepatan minimum dalam pipa = 0,3 m/s
Diameter pipa digunakan = 110 mm

5.9.5 Perhitungan potensi pemanfaatan biogas

Biogas dihasilkan melalui proses fermentasi secara anaerobik. Produksi CH₄ dapat digunakan sebagai bahan bakar di dapur sehingga dapat menhemat penggunaan LPG sebagai bahan bakar. Berikut perhitungan selengkapnya:

Produksi CH₄ = 1957,6 liter/hari

Kandungan 1 m³ biogas setara dengan 0,46 kg elpiji, (Widyastuti, dkk., 2013).

Total biogas yang dihasilkan (direncanakan metana yang dihasilkan sebesar 65%) = $100/65 \times 1,9576 \text{ m}^3 = 3,01 \text{ m}^3$

Gas LPG dari biogas = $3,01 \text{ m}^3 \times 0,46 \text{ kg} = 1,39 \text{ kg}$

Persen penghematan biogas

= Gas dalam 1 hari/ kebutuhan LPG

= 1,39 kg/18 kg

= 7,7%

Gas yang dihasilkan dalam 1 bulan = $1,39 \text{ kg} \times 30 \text{ hari} = 41,7 \text{ kg}$

Harga tabung gas 12 kg = Rp 155000,00

Biaya pembelian gas yang dapat dihemat tiap bulan

= $(41,7 \text{ kg}/12) \times \text{Rp } 155000,00$

= Rp 538,625,00

Maka dalam 1 tahun penghematan dapat mencapai

= Rp 538.625,00 x 12

= Rp 6.463.500,00

5.10 Perencanaan instalasi pengolahan limbah *greywater*

Instalasi pengolahan air limbah *greywater* yang direncanakan meliputi ABR, AF, gabungan antara ABR dan AF serta *wetland*. Limbah yang dihasilkan merupakan limbah domestik yang berasal dari kegiatan sehari-hari dari narapidana maupun tahanan yang berada di dalam Lapas Wanita Kota Malang.

5.10.1 Perhitungan *grease trap*

Unit *grease trap* digunakan untuk mengolah *grey water* dari tempat cuci dapur yang ada di lapas. Berikut adalah perhitungan *grease trap*:

- Influen

Berdasarkan Noerbambang dan Morimura (2005) pemakaian air untuk kegiatan dapur meliputi 12,5% dari penggunaan air dalam 1 hari, sehingga air limbah yang dihasilkan di dapur adalah sebagai berikut:

Debit *greywater* = 49,92 m³/hari

Debit *greywater* dari dapur = 49,92 m³/hari x 12,5%
= 6,24 m³/hari

Q_{peak} *greywater* dari dapur

= Debit black water x f_p

= 6,24 m³/hari x 1,86

= 11,61 m³/hari = 11610 L/hari

Konsentrasi minyak dan lemak = 10.00 mg/L

Beban minyak dan lemak

= Q_{peak} x konsentrasi minyak

= 11610 L/hari x 10.00 mg/L

= 0,1161 Kg/hari

- Dimensi Kompartemen

Jumlah kompartemen = 2 unit

Waktu detensi (td) = 2 jam

Volume GT = $Q_{peak} \times t_d$

= (11,61 m³/hari:24 jam) x 2jam

$$\begin{aligned}
 &= 0,97 \text{ m}^3 \\
 \text{Kedalaman efektif} &= 1 \text{ m (rencana)} \\
 \text{Freeboard} &= 0.3 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman total} &= 1 \text{ m} + 0.3 \text{ m} = 1,3 \text{ m} \\
 \text{A surface} &= \text{Volume} : \text{H efektif} \\
 &= 0,97 \text{ m}^3 / 0,8 \text{ m} \\
 &= 1,2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= \sqrt{\frac{A_{\text{surface}}}{2}} \\
 &= \sqrt{\frac{1,2}{2}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,77 \text{ m} \sim 0,8 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= A_{\text{surface}} : \text{Lebar} \\
 &= 1,2 \text{ m}^2 : 0,8 \text{ m} = 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tebal dinding luar dan dinding antara kompartemen yaitu 0,15 m

Panjang total grease trap adalah 3,45 m

- Efisiensi Penyisihan

Persen penyisihan minyak = 95% (Wongthanate et al, 2014)

Konsentrasi minyak tersisihkan

$$= \%R \times \text{konsentrasi minyak}$$

$$= 95\% \times 10 \text{ mg/L}$$

$$= 9,5 \text{ mg/L}$$

Beban minyak tersisihkan = $\%R \times \text{beban minyak inlet}$

$$= 95\% \times 0,1161 \text{ Kg/hari}$$

$$= 0,11 \text{ Kg/hari}$$

Densitas minyak = 0.8 Kg/cm³ (Priyanka, 2012)

Endapan minyak = Beban minyak / Densitas

$$= 0,11 \text{ Kg/hari} / 0,8 \text{ Kg/cm}^3$$

$$= 1,375 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Efluen

$$Q_{\text{ef}} = Q_{\text{in}} = 11,61 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Konsentrasi minyak eff

$$= \text{Konsentrasi (Influen - tersisihkan)}$$

$$= 10 \text{ mg/L} - 9,5 \text{ mg/L}$$

$$= 0,5 \text{ mg/L}$$

$$\text{Beban minyak eff} = \text{Beban (influen - tersisihkan)}$$

$$= 0,1161 \text{ Kg/hari} - 0,11 \text{ Kg/hari}$$

$$= 0,0061 \text{ Kg/hari}$$

5.10.2 Perhitungan Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Rancangan dimensi tangki menurut (Sasse dalam Mubarak, 2008) adalah sebagai berikut:

1. Rasio panjang terhadap lebar adalah 2 : 1 sampai 1 : 3
2. Tinggi tangki adalah tinggi air dalam tangki ditambah freeboard.

Untuk memberikan distribusi air limbah yang bagus dan merata, rancangan dimensi tiap ruangan ABR adalah sebagai berikut:

1. Rasio panjang dan tinggi tiap ruangan adalah 0,13 – 0,24 m
2. Kecepatan aliran ke atas (up flow) adalah 0,5 – 1,5 m/jam, pada keadaan debit maksimum kecepatan ke atas adalah 3 m/jam.
3. Pembebanan organik adalah < 3 – 4 kg /m³/hari.

Berikut data perencanaan yang digunakan dalam perhitungan ini

Populasi = 586 orang

• BOD in

Q GW = 49,92 m³/hari = 49920 L/hari

BOD GW in = 74 mg/L

Q BW = 3460 L/hari

BOD BW = 1,475 g/L = 1475 mg/L

Q BW dari AD = 360 L/hari

BOD BW dari AD = 516,25 mg/L

BOD mix =
$$\frac{(74 \times 49920) + (1475 \times 3460) + (516,25 \times 360) \text{ L/hari}}{49920 \frac{\text{L}}{\text{hari}} + 3460 \frac{\text{L}}{\text{hari}} + 360 \frac{\text{L}}{\text{hari}}}$$

= 167,16 mg/L

• COD in

Q GW = 49,92 m³/hari = 49920 L/hari

COD GW in = 125 mg/L

Q BW = 3460 L/hari

COD BW = 2,7 g/L = 2700 mg/L

Q BW dari AD = 360 L/hari

COD BW dari AD = 540 mg/L

COD mix =
$$\frac{(125 \times 49920) + (2700 \times 3460) + (540 \times 360) \text{ L/hari}}{49920 \frac{\text{L}}{\text{hari}} + 360 \frac{\text{L}}{\text{hari}} + 3460 \frac{\text{L}}{\text{hari}}}$$

- $$= 293,57 \text{ mg/L}$$
- TSSin
 - Q GW $= 49,92 \text{ m}^3/\text{hari} = 49920 \text{ L/hari}$
 - TSS GW in $= 160 \text{ mg/L}$
 - Q BW $= 5440 \text{ L/hari}$
 - TSS BW $= 1 \text{ g/L} = 1000 \text{ mg/L}$
 - Q BW dari AD $= 360 \text{ L/hari}$
 - TSS BW dari AD $= 500 \text{ mg/L}$
 - TSS mix $= \frac{(160 \times 49920) + (1000 \times 3460) + (500 \times 360) \text{ L/hari}}{49920 \frac{\text{L}}{\text{hari}} + 360 + 3460 \frac{\text{L}}{\text{hari}}}$
 - $= 233,11 \text{ mg/L}$

Perhitungan ABR Kompartemen 1

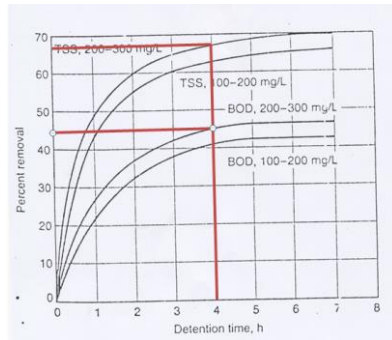
1. Debit influen

- Q GW rata-rata $= 49920 \text{ Liter/hari}$
 $= 49,92 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Q BW rata-rata $= 3460 \text{ Liter/hari}$
 $= 3,46 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Q BW AD rata-rata $= 360 \text{ Liter/hari}$
 $= 0,36 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Qin rata-rata mix $= (3460 + 360 + 49920) \text{ L/hari}$
 $= 53740 \text{ L/hari}$
 $= 53,74 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $f_p = \frac{18 + p^{0.5}}{4 + p^{0.5}}$
 $f_p = \frac{18 + 586^{0.5}}{4 + 586^{0.5}}$
 $f_p = 1,5$
- $Q_{\text{peak}} = Q_{\text{ave}} \times f_p$
 $= 53,74 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,5$
 $= 80,61 \text{ m}^3/\text{hari}$

2. Mass Balance Kompartemen 1

Dari data yang sudah ada dapat diketahui persen removal BOD, COD, dan TSS untuk mengetahui besar parameter yang dapat dihilangkan pada kompartemen 1. Asumsi : Detention Time = 4 jam (memperhitungkan lahan yang cukup sempit sehingga kompartemen tidak terlalu

besar). Besar persen removal dapat dicari dengan grafik berikut :



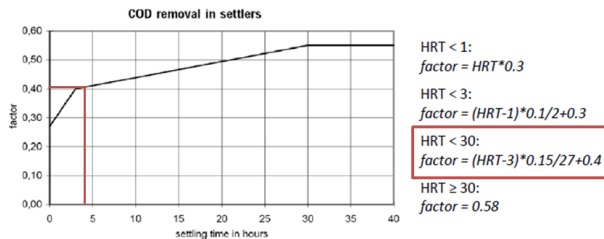
Gambar 5. 13 Grafik Percent Removal BOD dan TSS berdasarkan Detention time

Sumber: Metcalf and Eddy, 1998

Dari grafik tersebut didapatkan data persen removal sebagai berikut.

Efisiensi penurunan BOD dan TSS pada detention time 3 jam:

- BOD= 44%
- TSS = 68%



Gambar 5. 14 Grafik COD removal in Settler

Sumber: Sasse, 1998

Pada perhitungan sebelumnya ditetapkan HRT sebesar 4 jam, maka dari grafik tersebut didapatkan removal sebagai berikut:

$$\text{Faktor} = (\text{HRT}-3) \times 0,15/27 + 0,4$$

$$\text{Faktor} = (4-3) \times 0,15/27 + 0,4$$

$$\text{Faktor} = 0,41$$

Maka didapatkan removal COD sebesar 41%

Selanjutnya dihitung besar penurunan parameter pada kompartemen 1 dengan detention time 4 jam, perhitungan removal sebagai berikut,

1. BOD

- Konsentrasi teremoval $= 44\% \times 167,16 \text{ mg/L}$
 $= 73,55 \text{ mg/L}$
- Konsentrasi outlet $= 167,16 \text{ mg/L} - 73,55 \text{ mg/L}$
 $= 93,61 \text{ mg/L}$
- Massa in $= 167,16 \text{ mg/L} \times Q_{\text{peak}}$
 $= 167,16 \text{ mg/L} \times 80610 \text{ liter/hari}$
 $= 13,47 \text{ kg/hari}$
- Massa teremoval $= 44\% \times 13,47 \text{ kg/hari}$
 $= 5,93 \text{ kg/hari}$
- Massa outlet $= 13,47 \text{ kg/hari} - 5,93 \text{ kg/hari}$
 $= 7,54 \text{ kg/hari}$

2. COD

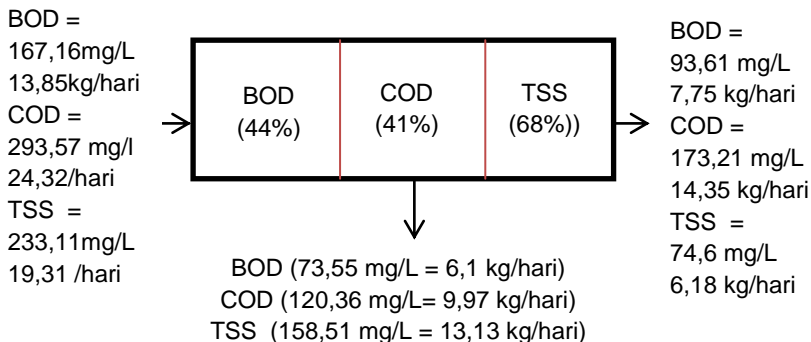
- Konsentrasi teremoval $= 41\% \times 293,57 \text{ mg/L}$
 $= 120,36 \text{ mg/L}$
- Konsentrasi outlet $= 293,57 \text{ mg/L} - 120,36 \text{ mg/L}$
 $= 173,21 \text{ mg/L}$
- Massa in $= 293,57 \text{ mg/L} \times Q_{\text{peak}}$
 $= 293,57 \text{ mg/L} \times 80610 \text{ liter/hari}$
 $= 23,66 \text{ kg/hari}$
- Massa teremoval $= 41\% \times 23,66 \text{ kg/hari}$
 $= 9,70 \text{ kg/hari}$
- Massa outlet $= 23,66 \text{ kg/hari} - 9,70 \text{ kg/hari}$
 $= 13,96 \text{ kg/hari}$

3. TSS

- Konsentrasi teremoval $= 68\% \times 233,11 \text{ mg/L}$
 $= 158,51 \text{ mg/L}$
- Konsentrasi outlet $= 233,11 \text{ mg/L} - 158,51 \text{ mg/L}$
 $= 74,6 \text{ mg/L}$
- Massa in $= 233,11 \text{ mg/L} \times Q_{\text{peak}}$
 $= 233,11 \text{ mg/L} \times 80610 \text{ liter/hari}$
 $= 18,79 \text{ kg/hari}$
- Massa teremoval $= 68\% \times 18,79 \text{ kg/hari}$
 $= 12,78 \text{ kg/hari}$
- Massa outlet $= 18,79 \text{ kg/hari} - 12,78 \text{ kg/hari}$

$$= 6,01 \text{ kg/hari}$$

❖ Mass Balance Kompartemen 1



3. Durasi Pengurasan

Durasi pengurasan akan dilakukan setiap 4 tahun sekali menurut anjuran dinas PU Cipta Karya sebagai bentuk operasi dan perawatan IPAL komunal.

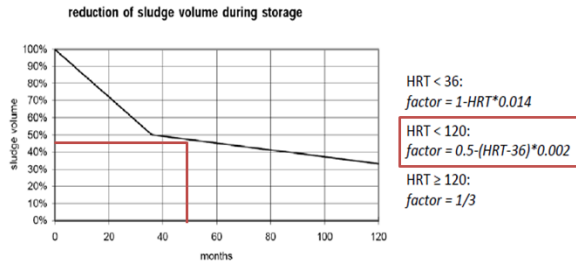
4. Produksi Lumpur

Produksi lumpur TSS pada kompartemen 1 yang akan dikuras setiap 4 tahun sekali, dapat dihitung sebagai berikut:

- $$\begin{aligned} \text{Produksi Lumpur} &= \text{Lumpur TSS} \times \text{Durasi Pengurasan} \\ &= 12,78 \text{ kg/hari} \times 4 \text{ thn} \times 365 \text{ hari/tahun} \\ &= 18658,8 \text{ kg/ 4 tahun} \end{aligned}$$

5. Stabilisasi Lumpur

Stabilisasi lumpur adalah proses sampai lumpur stabil. Dimana Stabilisasi lumpur bertujuan untuk menghindari terjadinya pembusukan lumpur, mencegah bau yang mengganggu, serta untuk mengurangi konsentrasi materi volatil dan kandungan patogen di dalam lumpur. Bila *Hidraulic Retention Time* direncanakan 4 tahun atau 48 bulan, maka dapat dihitung stabilisasi lumpur dengan melihat faktor pada grafik *Reduction of Sludge Volume during Storage* seperti di bawah ini



Gambar 5. 15 Grafik *Reduction of Sludge During Storage*

Sumber: Sasse, 1998

- Faktor $\text{HRT} < 120 = 0.5 - (\text{HRT} - 36) \times 0.002$
Faktor $\text{HRT} < 120 = 0.5 - (48 - 36) \times 0.002$
= 0,476
= 47,6% (Besar lumpur yang masih tersisa dalam kompartemen)
- Stabilisasi Lumpur = $(100 - \% \text{stabilisasi}) \times \text{Produksi lumpur}$
= $(100\% - 47,6\%) \times 18658,8 \text{ kg/4 tahun}$
= 9777,21 kg/4tahun

6. Densitas Lumpur

Untuk menentukan besar volume lumpur yang terbentuk massa lumpur yang telah diketahui sebelumnya perlu konversi dengan densitas lumpur sehingga didapatkan volume lumpur. Berikut perhitungan volume lumpur yang terbentuk,

Persen Lumpur masuk = 5%-9%

Persen Lumpur keluar = 2%-5%

Bila direncanakan 7% lumpur masuk, maka didapatkan proses *thickening* yang keluar adalah sebagai berikut

$$\frac{7\%}{9\%} = \frac{x}{5\%}$$

$$X = 3,89\%$$

masa jenis padat = 2,65 kg/l ; masa jenis air = 1 kg/l

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Densitas Lumpur} &= \frac{(3,89\% \times p_{\text{solid}}) + (96,11\% \times p_{\text{air}})}{100\%} \\ &= \frac{(3,89\% \times 2,65 \text{ kg/l}) + (96,11\% \times 1 \frac{\text{kg}}{\text{l}})}{100\%} \\ &= 1,0641 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

7. Volume Lumpur

Dari data yang telah dicari sebelumnya dapat dihitung besar volume lumpur diperuntukan perhitungan dimensi kompartemen 1. Berikut perhitungan volume lumpur yang terbentuk selama 4 tahun.

- Volume Lumpur = $\frac{\text{Stabilisasi lumpur}}{\rho \text{ lumpur}}$

$$= \frac{9777,21 \text{ kg/4tahun}}{1,0641 \text{ kg/L}}$$

$$= 9188,24 \text{ Liter/ 4 tahun}$$

$$= 9,188 \text{ m}^3/4 \text{ tahun}$$

8. Dimensi Ruang Pengendapan Lumpur

Kedalaman penanaman pipa akhir pada penanaman SPAL 1 m dengan tebal pelat 0,15 m. Direncanakan: lebar ABR = 2 meter

Kedalaman penanaman ABR = 4 meter

- Tinggi air ABR = 4 m- 1 m- 0,15 m = 2,85 meter
 Tinggi ABR=Tinggi air di ABR
 Maka tinggi air ABR= 2,85 meter
- Tinggi Total ABR= Tinggi Air ABR + Freeboard + Tebal Pelat Atas +Tebal Pelat bawah

$$= 2,85 \text{ meter} + 1 \text{ meter} + 0,3 \text{ meter}$$

$$= 4,3 \text{ meter}$$
- Kedalaman ruang lumpur= $\frac{1}{3} \times H.ABR$

$$= \frac{1}{3} \times 2,85 \text{ m}$$

$$= 0,95 \text{ m}$$
- Kedalaman bak pengendap (h) = 2,85 m- 0,95 = 1,9 m
- Luas ruang lumpur = $\frac{\text{Volume Lumpur}}{h \text{ ruang lumpur}}$

$$= \frac{9,188 \text{ m}^3}{1,9 \text{ m}}$$

$$= 4,96 \text{ m}^2$$

9. Volume bak Pengendap

- Volume = $Q_{\text{peak}} \times t_d$

$$= (80,61 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam}) \times 4 \text{ jam} = 13,44 \text{ m}^3$$
- Luas = $\frac{\text{Volume}}{h} = \frac{13,44 \text{ m}^3}{1,9 \text{ m}} = 7,07 \text{ m}^2$
- Panjang bak pengendap = $\frac{\text{luas bak pengendap}}{\text{lebar}}$

$$= \frac{7,07 \text{ m}^2}{2 \text{ m}} = 3,535 \text{ m} = 3,5 \text{ m}$$

Perhitungan ABR Kompartemen 2

Perhitungan harus memenuhi kriteria berikut:

$$\text{HLR direncanakan (tipikal)} = 20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari (16,8 - 38,4 m}^3/\text{m}^2 \text{ hari)}$$

$$\text{HRT direncanakan (tipikal)} = 12 \text{ jam (6 - 24 jam)}$$

1. $Q_{\text{inffluent}} = Q_{\text{effluent}}$ kompartemen 1

$$\begin{aligned} \bullet Q_{\text{air limbah rata-rata}} &= 53,74 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 53740 \text{ Liter/hari} \\ &= 0,00062 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

2. $\text{HLR rencana} = 20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$. 1

Lebar kompartemen 1 = lebar kompartemen 2

$$\bullet \text{Jumlah ABR rencana} = 1$$

$$\bullet \text{HRT rencana} = 12 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{Asurface total} &= (Q_{\text{rata-rata}} / \text{jumlah ABR}) / \text{HLR rencana} \\ &= (53,74 \text{ m}^3/\text{hari} / 1) / 20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \\ &= 2,7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{Panjang ABR} &= \text{Asurface} / \text{lebar kompartemen} \\ &= 2,7 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} \\ &= 1,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{Tinggi total yang diperlukan} &= \text{HLR rencana} \times (\text{HRT rencana} / 24) \\ &= 20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times (12/24) \\ &= 10 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Tinggi ABR kompartemen 1 = 2,85m

$$\begin{aligned} \bullet \text{Jumlah kompartemen} &= \text{Tinggi total yang diperlukan} / \text{tinggi kompartemen 1} \\ &= 10 / 2,85 \text{ m} \\ &= 4 \text{ unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{Cek HRT} &= \frac{(\text{Asurface cek} \times \text{h rencana} \times \sum \text{kompartemen})}{Q_{\text{rata-rata}}} \\ &= \frac{(2,7 \times 2,85 \times 4)}{53,74 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 0,5 \text{ hari} \\ &= 12 \text{ jam} \end{aligned}$$

5. Cek Vup dan OLR

$$\begin{aligned} \bullet V_{\text{up}} &= Q_{\text{rata-rata}} / (\text{lebar} \times \text{tinggi}) \\ &= 53,74 \text{ m}^3/\text{hari} / (2 \text{ m} \times 2,85 \text{ m}) \\ &= 9,42 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} = 0,4 \text{ m/jam} \\ &< 2 \text{ m/jam (memenuhi kriteria)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ OLR} &= \frac{\text{massa COD efluen}}{\text{jumlah kompartemen} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}} \\
 &= \frac{12,94 \text{ kg/hari}}{4 \times 2 \text{ m} \times 2,95 \text{ m}} \\
 &= 0,56 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari} \\
 &< 3 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (memenuhi kriteria)}
 \end{aligned}$$

6. Menghitung dimensi ABR

Tebal dinding = 0,15 m

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Panjang total ABR} &= \text{panjang kompartemen} + \text{tebal dinding komp} + 1 + \\
 &\quad (\text{panjang per kompartemen} \times \text{jumlah kompartemen}) + \\
 &\quad (\text{tebal dinding} \times (\text{jumlah kompartemen} + 1)) \\
 &= 3,3 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + (1,4 \text{ m} \times 4) + (0,15 \text{ m} \times (4 + 1)) \\
 &= 9,95 \text{ m} \\
 \bullet \text{ Lebar ABR} &= \text{Lebar kompartemen} + 1 + (2 \times \text{dinding}) \\
 &= 2 \text{ m} + (2 \times 0,15 \text{ m}) \\
 &= 2,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

7. Perhitungan Effluen Kompartemen 2

$$\text{BODin} = 93,61 \text{ mg/L}$$

$$= 6,99 \text{ kg/hari}$$

$$\text{CODin} = 173,21 \text{ mg/l}$$

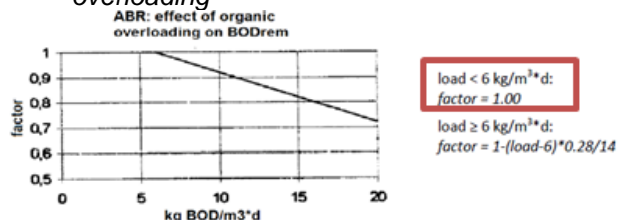
$$= 12,94 \text{ kg/hari}$$

$$\text{TSSin} = 74,6 \text{ mg/L}$$

$$= 5,56 \text{ kg/hari}$$

• Penentuan % removal BOD

a. Faktor grafik BOD removal *effect of organic overloading*



Gambar 5. 16 Grafik *Effect of Organic Over Loading on BOD removal*

Sumber: Sasse, 1998

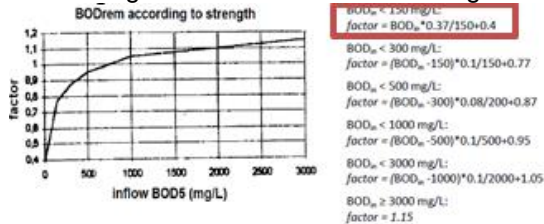
$$\text{OLR} = \frac{\text{Konsentrasi BOD}}{t_d}$$

$$\text{OLR} = \frac{93 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3}{0,167 \text{ hari}}$$

$$= 0,56 \text{ kg/ m}^3 \cdot \text{hari}$$

Faktor BOD removal = 1

b. Faktor dari grafik BOD removal according to strength



Gambar 5. 17 Grafik BOD removal according to strength

Sumber: Sasse, 1998

Konsentrasi influen = 124mg/L

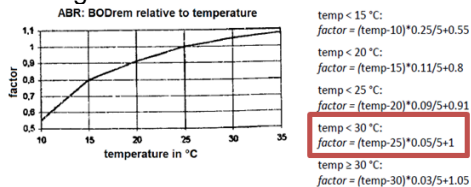
BOD in < 150 mg/L

Faktor : $(BOD_{in} \times 0,37) / 150 + 0,4$

Faktor : $((93,61 \text{ mg/L} \times 0,37) / 150) + 0,4$

Faktor removal BOD : 0,63

c. Faktor dari grafik BOD removal relative to



temperatur

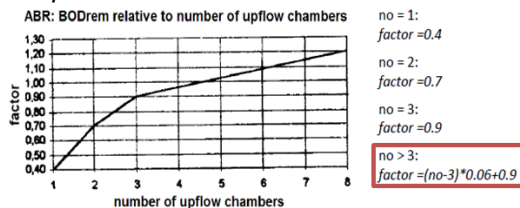
Gambar 5. 18 Grafik BOD Removal Relative To Temperature

Sumber: Sasse, 1998

Direncanakan temperatur limbah = 25° Celcius

Maka faktor temperatur = 1

d. Faktor dari grafik BOD removal relative number of flow up chamber



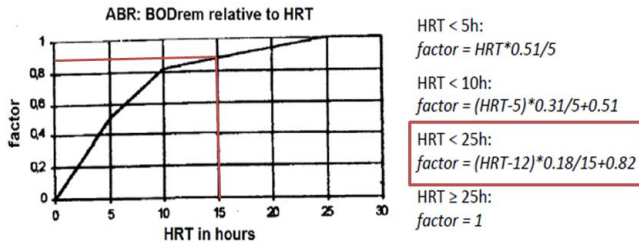
Gambar 5. 19 Grafik *BOD Removal Relative Number Of Flow Up Chamber*

Sumber: Sasse,1998

Total kompartemen ABR = 4 kompartemen

$$\text{Faktor} = (4-3) \times 0,06 + 0,9 \\ = 0,96$$

e. Faktor dari BOD removal relative to HRT



Gambar 5. 20 Grafik *BOD Removal Relative To HRT*

Sumber: Sasse,1998

HRT rencana = 12 jam

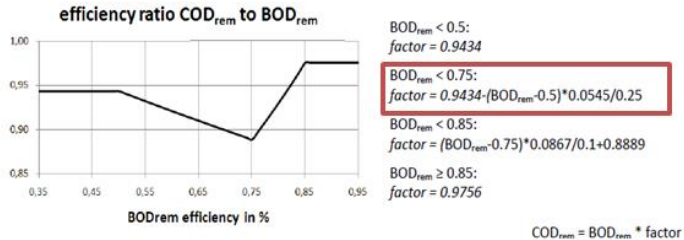
Faktor : 0,82

$$\% \text{ Removal BOD} = 1 \times 0,63 \times 1 \times 0,96 \times 0,82 \\ = 0,5\%$$

- Produksi Lumpur BOD
Range koefisien yield : $\gamma = 0,05 - 1$ (yang digunakan 0,08)
- Produksi lumpur
 $P_x = \gamma \times \% \text{ removal BOD} \times \text{konsentrasi influen} \times Q$
rata-rata
 $= 0,08 \times (50\% \times 0,00009361 \text{ kg/L}) \times 53740 \text{ L/hari}$
 $= 0,2 \text{ Kg/hari}$
- Produksi Lumpur TSS
Lumpur TSS
 $= (\text{Konsentrasi TSS} - \text{Baku mutu}) \times Q \text{ rata-rata}$
 $= (74,6 \text{ mg/L} - 30 \text{ mg/L}) \times 53740 \text{ Liter/hari}$
 $= 2,4 \text{ Kg/hari}$
- Total Lumpur
Total lumpur $= \text{Lumpur BOD} + \text{Lumpur TSS}$
 $= 0,2 \text{ kg/hari} + 2,4 \text{ Kg/hari}$
 $= 2,6 \text{ Kg/hari}$

Kualitas Effluent ABR

- Effluen BOD
Influen BOD
- $$= (100\% - 50\%) \times \text{Konsentrasi}$$
- $$= 50\% \times 93,61 \text{ mg/L}$$
- $$= 46,81 \text{ mg/L (belum memenuhi baku mutu)}$$



Gambar 5. 21 Grafik *Efficiency Ratio CODrem to BODrem*

Sumber: Sasse, 1998

- Removal COD
 - Faktor
- $$= 0,9434 - (BOD_{rem} - 0,5) \times 0,0545 / 0,25$$
- $$= 0,9434 - (0,50 - 0,5) \times 0,0545 / 0,25$$
- $$= 0,94$$
- Removal COD
- $$= \% \text{ Removal BOD} \times factor$$
- $$= 0,5 \times 0,94$$
- $$= 0,47$$
- $$= 47\%$$
- Effluen COD
- $$= (100\% - 47\%) \times COD \text{ influen}$$
- $$= (100\% - 47\%) \times 173,21 \text{ mg/l}$$
- $$= 91,8 \text{ mg/L}$$

Dari perhitungan efluen ABR yang masih belum memenuhi baku mutu perlu adanya treatment lagi berupa Anaerob Biofilter untuk menurunkan BOD dan COD efluen menjadi dibawah baku mutu dan aman untuk dibuang ke lingkungan. Target efluen COD adalah sebesar 50 mg/L.

5.10.3 Perhitungan Anaerobic Filter

Anaerobic filter digunakan untuk air limbah dengan presentase padatan tersuspensi yang rendah.

1. Diketahui :

- Q rata-rata = 49,92 m³/hari
- BOD *influent* = 46,81 mg/L
- COD *influent* = 91,8 mg/L

2. Dimensi bak AF

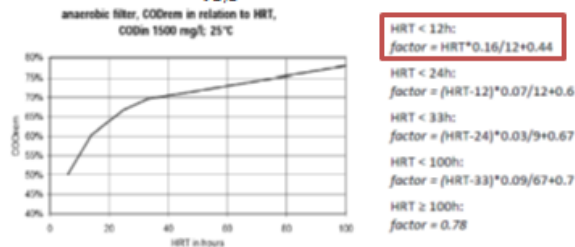
- Direncanakan void = 40%, maka Volume Media = 60% dari Volume bak ABF
- Volume kompartemen = (1 + 0,6) x Volume ABR = 1,6 x (2 x 1,4 x 2,85) = 12,768 m³
- Panjang AF = $\frac{V}{h \times L} = \frac{12,768}{2,85 \times 2} = 2,24 \text{ m}$

- Volume Media = 60% x 2,24 m x 2 m x 2,85 m = 7,7m³

3. HRT AF = $\frac{HRT_{total}}{Jumlah\ Kompartemen\ ABR} = \frac{12}{4} = 3 \text{ jam}$

4. Waktu Tinggal (HRT) ABF

- Efisiensi COD = $\frac{91,8 - 50}{91,8} \times 100\% = 45,5\%$



Gambar 5. 22 Grafik menentukan HRT AF, dengan acuan HRT ABR < 12 jam
Sumber: Sasse, 1998

- Direncanakan HRT < 12 jam, maka berdasarkan Grafik COD Removal in Relation to HRT, didapatkan faktor :

$$\text{Faktor} = \frac{HRT\ AF \times 0,16}{12} + 0,44$$

$$0,455 = \frac{HRT\ AF \times 0,16}{12} + 0,44$$

$$HRT\ AF = \frac{(0,455 - 0,44)}{0,16} \times 12$$

HRT AF = 1,125 jam

5. Jumlah kompartemen $AF = \frac{HRT\ total}{HRT\ AF} = \frac{1,125}{3} = 0,375 = 1$

kompartemen

6. Cek *surface loading* dan *V up*

- *Surface loading* $= \frac{Q\ peak}{A\ surface}$
 $= \frac{82,84\ m^3/hari}{2\ m \times 2,24\ m}$
 $= 18,49\ m^3/m^2hari$
- *V up* $= \frac{Q\ peak}{A\ surface} = \frac{3,452\ m^3/jam}{2,24\ m \times 2\ m} = 0,77\ m/jam$
(memenuhi karena $< 2\ m/jam$)

7. Dimensi AF

Dimensi rencana :

Lebar (sama dengan kompartemen sebelumnya) : 2 m

Kedalaman : 2,85 m

Panjang : 2,24 m

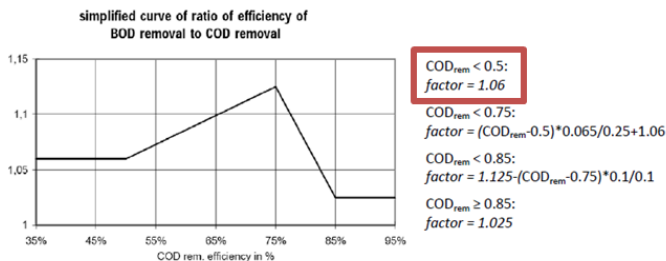
Freeboard : 0,3 m

Jumlah ruang : 1 ruang

Tebal dinding : 15 cm

8. Kualitas *Effluent* ABF

- % COD removal = 50%
Effluent COD = (100% - 45,5%) x Konsentrasi COD
influent
 $= (100\% - 45,5\%) \times 91,7\ mg/L$
 $= 50\ mg/L$ (memenuhi baku mutu)
- % BOD removal



Gambar 5. 23 Grafik Eficiency BOD Removal to COD Removal
Berdasarkan Grafik BOD removal to COD Removal
seperti Gambar 5.23, didapatkan

$$\begin{aligned}
 \text{faktor} &= 1,06 \\
 \% \text{ BOD removal} &= \text{COD removal} \times \text{faktor} \\
 &= 0,455 \times 1,06 \\
 &= 0,4823 \\
 &= 48,23\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Effluent BOD} &= (100\% - 48,23\%) \times \text{Konsentrasi BOD} \\
 \text{influent} &= (100\% - 48,23\%) \times 46,81 \text{ mg/L} \\
 &= 24,23 \text{ mg/L (memenuhi baku mutu)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan Instalasi Pengolahan Air Limbah yang menggunakan kombinasi ABR dan AF didapatkan hasil efluen yang telah memenuhi baku mutu. Hasil effluent sebagai berikut.

Tabel 5. 34 Efluen dari ABR AF

Parameter	Kadar Maksimum oleh pemerintah (mg/l)	Kadar Effluent setelah treatment ABR ABF (mg/L)	Keterangan
BOD ₅	30	24,23	Memenuhi
COD	100	50	Memenuhi
TSS	30	12	memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

9. Headloss AF

- Tebal media = $\frac{\text{Volume media}}{p \times l} = \frac{7,7}{2,24 \times 2} = 1,72 \text{ m} = 172 \text{ cm}$
- Diameter rata-rata = 2,025 cm
- Faktor bentuk (ψ) = 0,78 (media yang digunakan kerikil)
- Porositas media = 0,5
- Temperatur air = 25°C
- Densitas (ρ) = 0,99707 g/cm³

- $\mu = 0,8949 \times 10^{-3} \text{ N/det m}^2$
- Kecepatan = 1 m/jam
- $Nre = (\psi \times \rho \times d \times v_a) / \mu$
 $= (0,78 \times 0,99707 \times 2,025 \times 100/3600) / 0,008949$
 $= 4,888$
- $Cd = \frac{24}{\sqrt{Nre}} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$
 $= \frac{24}{\sqrt{4,888}} + \frac{3}{\sqrt{4,888}} + 0,34$
 $= 6,067$
- Headloss = $1,067 \frac{Cd L V a^2}{\psi d s^4 g}$
 $= \frac{1,067 \times 6,067 \times 100 \times (\frac{100}{3600})^2}{0,78 \times 2,025 \times 0,5^4 \times 981} = 0,0056 \text{ cm}$

Pada perencanaan kali ini direncanakan dimensi ABR bila menggunakan HRT 3 hari dan 4 hari, berikut merupakan perbandingan dimensi serta efluen, sehingga dapat ditentukan HRT ABR yang akan digunakan pada Tabel

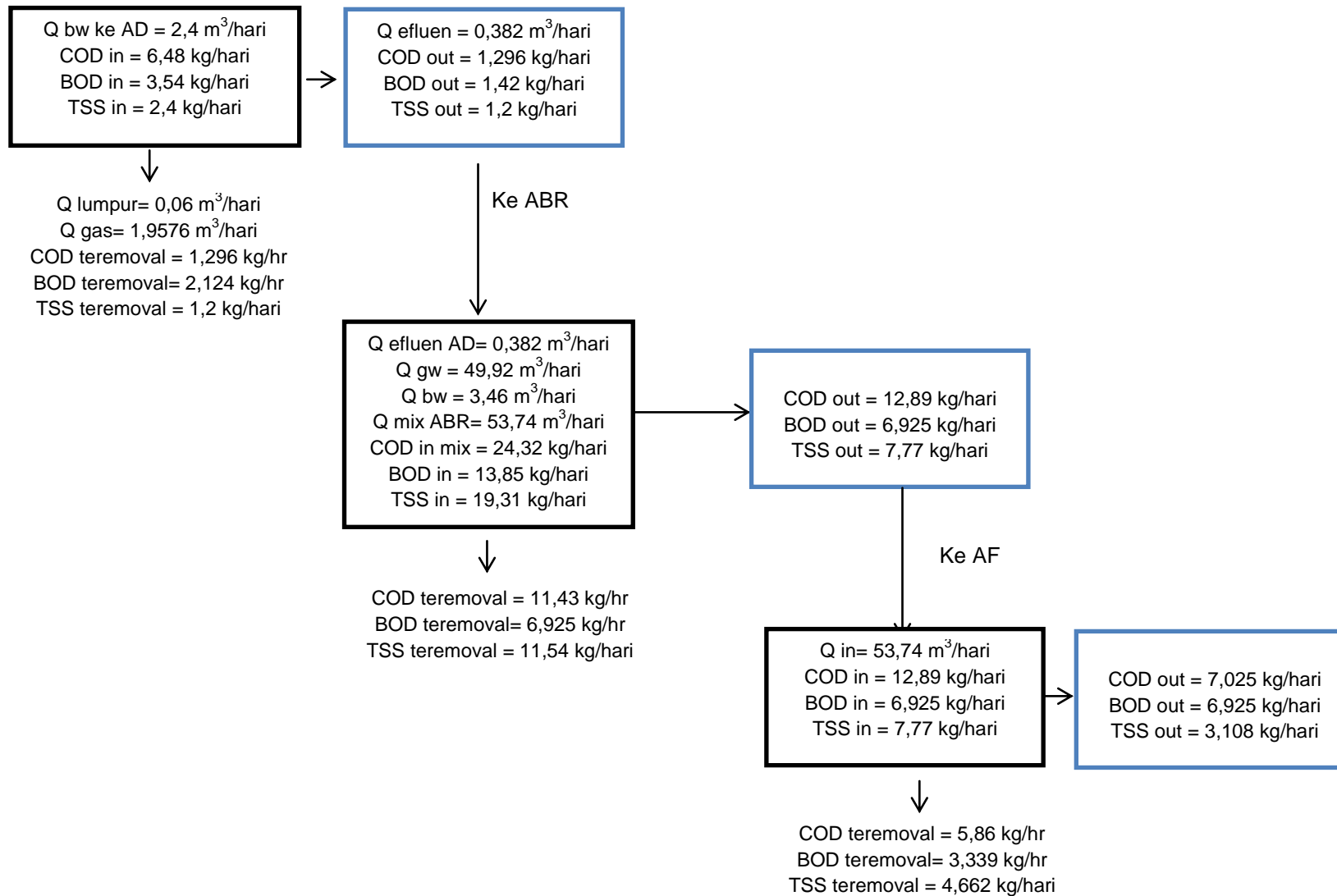
Tabel 5. 35 perbandingan ABR-AF td Pengendapan 3 hari dan 4 hari

Parameter	(HRT 4 hari)	(HRT 3 hari)	satuan
Kompartemen 1			
COD in	293,57	293,57	mg/L
BOD in	167,16	221,51	mg/L
TSS in	233,11	233,11	mg/L
% Removal COD	41	40	%
% Removal BOD	44	48	%
% Removal TSS	68	64	%
COD out	173,21	176,14	mg/L
BOD out	93,61	115,19	mg/L
TSS out	74,60	83,92	mg/L
P Ruang pengendapan	3,5	2,65	M
Kedalaman ABR	2,85	2,85	M

Parameter	(HRT 4 hari)	(HRT 3 hari)	satuan
Kompartemen 2			
Jumlah kompartemen	4	4	buah
% Removal COD	47%	55%	%
% Removal BOD	50%	51%	%
% Removal TSS	59%	64%	%
COD out	91,8	79,3	mg/L
BOD out	46,8	56,4	mg/L
TSS out	30,0	30,0	mg/L
P kompartemen	1,4	1,4	m
AF			
Jumlah kompartemen	1	1	buah
% Removal COD	46	37	%
% Removal BOD	48,23	39	%
COD out	50,0	50	mg/L
BOD out	24,23	34,4	mg/L
P kompartemen	2,24	2,24	m

Sumber: Hasil perhitungan

Melalui Tabel dapat dilihat perbandingan dimensi maupun removal pengolahan berdasarkan kedua waktu pengendapan yang direncanakan, sehingga pada perencanaan kali ini digunakan ABR dengan waktu pengendapan sebesar 4 jam dikarenakan efluen BOD yang tidak memenuhi baku mutu, yaitu lebih dari 30 mg/L. *mass balance* dari pengolahan yang digunakan ditampilkan dalam Gambar 5.24



Gambar 5. 24 Mass balance pengolahan air limbah

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

5.11 BOQ dan RAB

Rencana anggaran biaya (RAB) adalah hasil perhitungan antara volume pekerjaan (BOQ) dengan harga satuan yang telah dikalikan dengan indeks yang sesuai dengan HSPK Kota Malang Tahun 2017 melalui penyesuaian dengan harga yang berlaku di pasar.

5.11.1 Bill of quantity (BOQ)

Berikut adalah perhitungan untuk BOQ dari perpipaian air limbah, instalasi pengolah air limbah serta komponen pemanenan air hujan

5.11.1.1 Pembangunan Grease Trap

Panjang grease trap = 3,45 m

Lebar total = $0,8 + (2 \times 0,15) = 1,3$ m

Tinggi total = $1,3 + (2 \times 0,15) = 1,6$ m

a. Pekerjaan Beton

- Volume lantai kerja K-100
 $= 3,45 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$
 $= 0,45 \text{ m}^3$
- Volume dinding batu bata
 $= 2 \times (3,45 \text{ m} \times 1,6 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) + 3 \times (1,6 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 0,15 \text{ m})$
 $= 2,592 \text{ m}^3$
Luas dinding batu-bata = $17,28 \text{ m}^2$
- Volume pondasi beton K-200
 $= 3,45 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$
 $= 0,67 \text{ m}^3$
- Volume atap batu bata
 $= (3,45 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) - 2 \times (0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 0,15 \text{ m})$
 $= 0,624 \text{ m}^3$
Luas atap batu-bata = $4,165 \text{ m}^2$

- Pekerjaan plesteran

$$= 2 \times (3,45 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}) + 3 \times (1,3 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}) + (3,45 \times 1,3) - (2 \times (0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}))$$

$$= 16,81 \text{ m}^2$$
- Volume batu-bata total

$$= 2,592 \text{ m}^3 + 0,624 \text{ m}^3$$

$$= 3,216 \text{ m}^3$$
- Luas dinding batu-bata total

$$= 17,28 \text{ m}^2 + 4,165 \text{ m}^2$$

$$= 21,445 \text{ m}^2$$
- Volume beton K-100 total

$$= 0,45 \text{ m}^3$$
- Volume beton K-200 total

$$= 0,67 \text{ m}^3$$
- b. Bahan material bangunan
Bahan untuk beton K100
 - Semen portland untuk beton K100 (beton 1 m^3 membutuhkan 247 kg semen)

$$= 0,45 \text{ m}^3 \times 247 \text{ kg}$$

$$= 111,15 \text{ kg}$$
 1 sak = 50 kg
 Kebutuhan semen = $111,15 \text{ kg} / 50 \text{ kg} = 3 \text{ sak}$
 - Pasir cor untuk beton K100 (1 m^3 beton membutuhkan 869 kg pasir)

$$= 0,45 \text{ m}^3 \times 869 \text{ kg}$$

$$= 391,05 \text{ kg}$$
 - Kerikil untuk beton K100 (1 m^3 beton membutuhkan 999 kg kerikil)

$$= 0,45 \text{ m}^3 \times 999 \text{ kg}$$

$$= 449,6 \text{ kg}$$
 - Air untuk beton K100 (1 m^3 beton membutuhkan 215 L air)

$$= 0,45 \text{ m}^3 \times 215 \text{ L}$$

$$= 96,75 \text{ L}$$

Bahan untuk beton K-200

- Semen portland untuk beton K-225 (beton 1 m³ membutuhkan 371 kg semen)
= $0,67 \text{ m}^3 \times 371 \text{ kg}$
= 235,84 kg
1 sak = 50 kg
Kebutuhan semen = $235,84 \text{ kg} / 50 \text{ kg} = 5 \text{ sak}$
- Pasir untuk beton K-225 (1 m³ beton membutuhkan 689 kg pasir)
= $0,67 \text{ m}^3 \times 689 \text{ kg}$
= 248,57 kg
- Kerikil untuk beton K-225 (1 m³ beton membutuhkan 1031 kg kerikil)
= $0,67 \text{ m}^3 \times 1047 \text{ kg}$
= 701,5 kg
- Air untuk beton K-225 (1 m³ beton membutuhkan 215 L air)
= $0,67 \text{ m}^3 \times 215 \text{ L}$
= 144,05 L

Bahan untuk dinding batu-bata

- Semen portland untuk dinding batu bata (1m² dinding tebal ½ bata membutuhkan 9,68 kg semen)
= $21,445 \text{ m}^2 \times 9,68 \text{ kg}$
= 207,6 kg
1 sak = 50 kg
Kebutuhan semen = $207,6 / 50 \text{ kg} = 4 \text{ sak}$
- Pasir pasang untuk dinding batu bata (1m² dinding tebal ½ bata membutuhkan 0,045 m³ pasir)
= $21,445 \text{ m}^2 \times 0,045 \text{ m}^3$
= 0,96 m³
- Batu bata untuk dinding batu bata (1m² dinding tebal ½ bata membutuhkan 70 buah)
= $21,445 \text{ m}^2 \times 70 \text{ buah}$
= 1502 buah

Bahan untuk plesteran

- Semen portland untuk plesteran (1m^2 plesteran membutuhkan 8,68 kg semen)
 $= 21,445\text{ m}^2 \times 8,68\text{ kg}$
 $= 186,14\text{ kg}$
 $1\text{ sak} = 50\text{ kg}$
 Kebutuhan semen = $186,14\text{ kg} / 50\text{ kg} = 3,7\text{ sak} = 4\text{ sak}$
- Pasir hitam untuk dinding batu bata (1m^2 dinding tebal $\frac{1}{2}$ bata membutuhkan $0,045\text{ m}^3$ pasir)
 $= 21,445\text{ m}^2 \times 0,045\text{ m}^3$
 $= 0,96\text{ m}^3$

c. Pekerjaan Galian

- Perhitungan volume galian
 $= 3,45\text{ m} \times 1,3\text{ m} \times 1,6\text{ m}$
 $= 7,2\text{ m}^3$
- Perhitungan volume pemindahan tanah bekas galian
 $= 7,2\text{ m}^3$

d. Pekerjaan Lain-lain

- | | |
|-----------------|---------------------------|
| • kontrol besi | Tutup Bak
= 2 buah |
| • outlet 4 inci | Pipa inlet &
= 2 buah |
| • inci | Pipa Hubung 4
= 2 buah |
| • | Tee 4 inci
= 4 buah |

5.11.1.2 Pembangunan Anerobic Baffle Reactor dan Anaerobic Filter

- | | |
|--------------------|--|
| Panjang ABR | = 12,54 m |
| Panjang lantai ABR | = $12,54\text{ m} + (2 \times 0,3) = 13,14\text{ m}$ |
| Lebar ABR | = $2 + (2 \times 0,15) = 2,3\text{ m}$ |
| Lebar lantai ABR | = $2,3\text{ m} + (2 \times 0,3) = 2,9\text{ m}$ |

$$\text{Tinggi ABR} = 4 + (2 \times 0,15) = 4,3 \text{ m}$$

a. Pekerjaan Galian dan Urugan

- Perhitungan volume galian
 $= 13,14 \text{ m} \times 2,9 \text{ m} \times 4,3 \text{ m}$
 $= 163,86 \text{ m}^3$
- Perhitungan volume tanah urugan
 $= 163,86 \text{ m}^3 - (12,54 \text{ m} \times 2,3 \text{ m} \times 4,3 \text{ m})$
 $= 163,86 \text{ m}^3 - 124,02 \text{ m}^3$
 $= 39,84 \text{ m}^3$
- Perhitungan volume pemindahan tanah bekas galian
 $= 163,86 \text{ m}^3$

b. Pekerjaan bekisting

- Luas lantai kerja
 $= 12,54 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}$
 $= 3,54 \text{ m}^2$
- Luas dinding beton
 $= 2 \times (12,54 \text{ m} \times 4,3 \text{ m}) + 8 \times (2,3 \text{ m} \times 4,3 \text{ m})$
 $= 186,19 \text{ m}^2$
- Luas lantai beton
 $= 12,54 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}$
 $= 28,8 \text{ m}^2$
- Luas atap beton
 $= (12,54 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}) - 6 \times (0,8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m})$
 $= 25,002 \text{ m}^2$
- Luas bekisting lantai
 $= 3,54 \text{ m}^2 + 28,8 \text{ m}^2 + 25,002 \text{ m}^2$
 $= 57,342 \text{ m}^2$
- Luas bekisting dinding
 $= 186,19 \text{ m}^2$

c. Pekerjaan Beton

- Volume lantai kerja K-100
 $= 12,54 \text{ m} \times 2,3 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$
 $= 2,88 \text{ m}^3$

- Volume dinding beton K-300
 $= 2 \times (12,54\text{ m} \times 4,3\text{ m} \times 0,15\text{ m}) + 8 \times (2,3\text{ m} \times 4,3\text{ m} \times 0,15\text{ m})$
 $= 28,04\text{ m}^3$
- Volume pondasi beton K-300
 $= 12,54\text{ m} \times 2,3\text{ m} \times 0,15\text{ m}$
 $= 4,32\text{ m}^3$
- Volume atap beton K-300
 $= (12,54\text{ m} \times 2,3\text{ m} \times 0,15\text{ m}) - 6 \times (0,6\text{ m} \times 0,6\text{ m} \times 0,15\text{ m})$
 $= 4\text{ m}^3$
- Volume beton K-100 total
 $= 2,88\text{ m}^3$
- Volume beton K 300 total
 $= 28,04 + 4,32 + 4\text{ m}^3$
 $= 36,4\text{ m}^3$

d. Bahan material bangunan

Bahan untuk beton K100

- Semen portland untuk beton K100 (beton 1 m^3 membutuhkan 247 kg semen)
 $= 2,88\text{ m}^3 \times 247\text{ kg}$
 $= 711,36\text{ kg}$
 $1\text{ sak} = 50\text{ kg}$
 Kebutuhan semen $= 711,36\text{ kg} / 50\text{ kg} = 14\text{ sak}$
- Pasir untuk beton K1-00 (1 m^3 beton membutuhkan 869 kg pasir)
 $= 2,88\text{ m}^3 \times 869\text{ kg}$
 $= 2502,72\text{ kg}$
- Kerikil untuk beton K-100 (1 m^3 beton membutuhkan 999 kg kerikil)
 $= 2,88\text{ m}^3 \times 999\text{ kg}$
 $= 2877,12\text{ kg}$

- Air untuk beton K-100 (1m^3 beton membutuhkan 215 L air)
 $= 2,88 \text{ m}^3 \times 215 \text{ L}$
 $= 619,2 \text{ L}$

Bahan untuk beton K 300

- Semen portland untuk beton K 300 (beton 1 m^3 membutuhkan 413 kg semen)
 $= 36,4 \text{ m}^3 \times 413 \text{ kg}$
 $= 15033,2 \text{ kg}$
 $1 \text{ sak} = 50 \text{ kg}$
 Kebutuhan semen = $15033,2 \text{ kg} / 50 \text{ kg} = 301 \text{ sak}$
- Pasir untuk beton K 300 (1m^3 beton membutuhkan 681 kg pasir)
 $= 36,4 \text{ m}^3 \times 681 \text{ kg}$
 $= 24788,4 \text{ kg}$
- Kerikil untuk beton K 300 (1m^3 beton membutuhkan 1021 kg kerikil)
 $= 36,4 \text{ m}^3 \times 1021 \text{ kg}$
 $= 37164,4 \text{ kg}$
- Air untuk beton K 300 (1m^3 beton membutuhkan 215 L air)
 $= 36,4 \text{ m}^3 \times 215 \text{ L}$
 $= 7826 \text{ L}$

e. Pekerjaan Lain-lain

- Tutup Manhole plat besi = 6 buah
 Tutup manhole plat besi terbuat dari plat besi bordess
- Besi $\frac{3}{4}$ inci untuk tangga inspeksi pada manhole
 $= (4 \text{ meter} / 0,35 \text{ m})$
 $= 11 \text{ tangga tiap manhole}$
 Kebutuhan besi = $0,6 \text{ m} \times 11 \times 6 = 39,6 \text{ meter}$
 $1 \text{ lonjor besi} = 6 \text{ meter}$, maka kebutuhan besi
 Kebutuhan besi polos $\frac{3}{4}$ inci = $\frac{39,6}{6} = 7 \text{ lonjor}$

- Pipa inlet & outlet 4 inci = 2 buah
- Pipa Hubung 4 inci = 15 buah
- Tee 4 inci = 32 buah
- Pipa Vent 60 cm = 1 buah

5.11.1.3 Pembangunan Sumur pengumpul

Panjang sumur pengumpul = 0,8 m

Panjang total pengumpul (ditambah sepatu beton)

$$= 0,8 \text{ m} + (0,15 \times 2) = 1,3 \text{ m}$$

Lebar sumur pengumpul = 0,8 m

Lebar total pengumpul (ditambah sepatu beton)

$$= 0,8 \text{ m} + (0,15 \times 2) = 1,3 \text{ m}$$

Kedalaman total sumur pengumpul = 1,6 m + 0,3 = 1,9 m

a. Pekerjaan Galian dan Urugan

- Perhitungan volume galian
 $= 1,3 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 1,9 \text{ m}$
 $= 3,21 \text{ m}^3$
- Perhitungan volume tanah urugan
 $= 3,21 \text{ m}^3 - (0,8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 1,9 \text{ m})$
 $= 3,21 \text{ m}^3 - 1,216 \text{ m}^3$
 $= 1,994 \text{ m}^3$
- Perhitungan volume pemindahan tanah bekas galian
 $= 3,21 - 1,994 \text{ m}^3$
 $= 1,216 \text{ m}^3$

b. Pekerjaan sumur pengumpul

- Volume lantai beton K-100
 $= 1,3 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$
 $= 0,169 \text{ m}^3$
- Volume beton K-200
 $= 4 \times (0,8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) + (0,5 \times 0,4 \times 0,4)$
 $= 0,464 \text{ m}^3$
- Volume pondasi beton K-200
 $= 1,3 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$
 $= 0,25 \text{ m}^3$

- Volume atap beton K-200
 $= (1,3 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 0,15\text{m}) - 1 \times (0,4 \text{ m} \times 0,4\text{m} \times 0,15\text{m})$
 $= 0,23 \text{ m}^3$
- Volume beton K-100 total
 $= 0,169 \text{ m}^3$
- Volume beton K- 200 total
 $= 0,944 \text{ m}^3$

c. Bahan material bangunan
 Bahan untuk beton K-100

- Semen portland untuk beton K100 (beton 1 m^3 membutuhkan 247 kg semen)
 $= 0,169 \text{ m}^3 \times 247 \text{ kg}$
 $= 41,74 \text{ kg}$
 $1 \text{ sak} = 50 \text{ kg}$
 Kebutuhan semen $= 41,74 \text{ kg} / 50 \text{ kg} = 1 \text{ sak}$
- Pasir untuk beton K1-00 (1m^3 beton membutuhkan 869 kg pasir)
 $= 0,169 \text{ m}^3 \times 869 \text{ kg}$
 $= 146,86 \text{ kg}$
- Kerikil untuk beton K-100 (1m^3 beton membutuhkan 999 kg kerikil)
 $= 0,169 \text{ m}^3 \times 999 \text{ kg}$
 $= 168,83 \text{ kg}$
- Air untuk beton K-100 (1m^3 beton membutuhkan 215 L air)
 $= 0,169 \text{ m}^3 \times 215 \text{ L}$
 $= 36,3 \text{ L}$

Bahan untuk beton K-200

- Semen portland untuk beton K 200 (beton 1 m^3 membutuhkan 352 kg semen)
 $= 0,944 \text{ m}^3 \times 352 \text{ kg}$
 $= 332,3 \text{ kg}$
 $1 \text{ sak} = 50 \text{ kg}$

- Kebutuhan semen = $332,3 \text{ kg} / 50 \text{ kg} = 7 \text{ sak}$
- Pasir untuk beton K 200 (1 m^3 beton membutuhkan 731 kg pasir)
 $= 0,944 \text{ m}^3 \times 731 \text{ kg}$
 $= 690,1 \text{ kg}$
 - Kerikil untuk beton K 200 (1 m^3 beton membutuhkan 1031 kg kerikil)
 $= 0,944 \text{ m}^3 \times 1031 \text{ kg}$
 $= 973,3 \text{ kg}$
 - Air untuk beton K 200 (1 m^3 beton membutuhkan 215 L air)
 $= 0,944 \text{ m}^3 \times 215 \text{ L}$
 $= 203 \text{ L}$

5.11.1.4 Pembangunan Digester

a. Pekerjaan Galian

1. Digester

- Perhitungan volume galian
 $= 18 \text{ m}^2 \times (2\text{m} + 1 \text{ m})$
 $= 54 \text{ m}^3$
- Perhitungan volume pemindahan tanah bekas galian
 $= 54 \text{ m}^3$

2. Bak inlet

- Perhitungan volume galian
 $= 2,74 \text{ m} \times 1,82 \text{ m} \times 1,1 \text{ m}$
 $= 5,48 \text{ m}^3$
- Perhitungan volume pemindahan tanah bekas galian
 $= 5,48 \text{ m}^3$

3. Bak outlet

- Perhitungan volume galian
 $= 2,72 \text{ m} \times 1,6 \text{ m} \times 1,52 \text{ m}$
 $= 6,62 \text{ m}^3$
- Perhitungan volume pemindahan tanah bekas galian
 $= 6,22 \text{ m}^3$

b. Pekerjaan digester

- Volume lantai kerja K-200
 $= 18 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m}$
 $= 1,8 \text{ m}^3$
- Volume dinding pasangan $\frac{1}{2}$ bata
 $= (\pi D \times h \times 0,15)$
 $= (\pi 4,7 \times 2 \times 0,15)$
 $= 4,42 \text{ m}^3$
- Volume pondasi beton K-200
 $= 28,3 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m}$
 $= 8,49 \text{ m}^3$
- Volume kubah K 200
 $= (28,2 \text{ m}^2 \times 0,15\text{m}) + 2 \times (0,25 \times 0,24 \times 0,15) - (0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,15\text{m})$
 $= 4,19 \text{ m}^3$
- Pekerjaan plesteran digester
 $= 18 \text{ m}^2$
- Tutup manhole beton
 $= 0,6 \times 0,6 \times 0,15$
 $= 0,054 \text{ m}^3$

c. Pekerjaan bak inlet

$$\text{Panjang total} = 2,44 + (2 \times 0,15) = 2,74 \text{ m}$$

$$\text{Lebar total} = 1,22 + (2 \times 0,15) = 1,52 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total} = 0,8 + (2 \times 0,15) = 1,1 \text{ m}$$

- Volume lantai kerja K-200
 $= 2,74 \text{ m} \times 1,52 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$
 $= 0,42 \text{ m}^3$
- Volume dinding batu bata
 $= 2 \times (2,74 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} \times 0,15\text{m}) + 2 \times (1,1 \text{ m} \times 1,52 \text{ m} \times 0,15 \text{ m})$
 $= 1,41 \text{ m}^3$
- Volume pondasi beton K-200
 $= 2,74 \text{ m} \times 1,52 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$

$$= 0,62 \text{ m}^3$$

- Volume atap batu bata

$$= (2,74\text{m} \times 1,52 \text{ m} \times 0,15\text{m}) - (0,4\text{m} \times 0,4\text{m} \times 0,15\text{m})$$

$$= 0,6 \text{ m}^3$$
- Pekerjaan plesteran

$$= 2 \times (2,74 \text{ m} \times 1,1 \text{ m}) + 2 \times (1,1 \text{ m} \times 1,52 \text{ m}) + (2,74\text{m} \times 1,52 \text{ m}) - (0,4\text{m} \times 0,4\text{m})$$

$$= 13,4 \text{ m}^2$$
- Volume batu-bata total

$$= 1,41 \text{ m}^3 + 0,6 \text{ m}^3$$

$$= 2,01 \text{ m}^3$$
- Volume beton K 100 total

$$= 0,42 \text{ m}^3 + 0,62 \text{ m}^3$$

$$= 1,04 \text{ m}^3$$

d. Pekerjaan bak outlet

$$\text{Panjang total} = 2,42 + (2 \times 0,15) = 2,72 \text{ m}$$

$$\text{Lebar total} = 1,21 + (2 \times 0,15) = 1,51 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total} = 1,3 + (2 \times 0,15) = 1,6 \text{ m}$$

- Volume lantai kerja K-100

$$= 2,72 \text{ m} \times 1,51 \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 0,41 \text{ m}^3$$
- Volume dinding batu bata

$$= 2 \times (2,72 \text{ m} \times 1,6 \text{ m} \times 0,15\text{m}) + 2 \times (1,51 \text{ m} \times 1,6 \text{ m} \times 0,15 \text{ m})$$

$$= 2,03 \text{ m}^3$$
- Volume pondasi beton K-200

$$= 2,72 \text{ m} \times 1,51 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$$

$$= 0,62 \text{ m}^3$$
- Volume atap batu bata

$$= (2,72\text{m} \times 1,51 \text{ m} \times 0,15\text{m}) - (0,4\text{m} \times 0,4\text{m} \times 0,15\text{m})$$

$$= 0,59 \text{ m}^3$$
- Pekerjaan plesteran

$$= 2 \times (2,72 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}) + 2 \times (1,51 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}) +$$

$$((2,72\text{m} \times 1,51 \text{ m}) - (0,4\text{m} \times 0,4\text{m}))$$

$$= 17,48 \text{ m}^2$$

- Volume batu-bata total
 $= 2,03 \text{ m}^3 + 0,59 \text{ m}^3$
 $= 2,62 \text{ m}^3$
- Volume beton total
 $= 0,41 \text{ m}^3 + 0,59 \text{ m}^3$
 $= 1 \text{ m}^3$

e. Bahan material bangunan

Bahan untuk beton K-200

- Semen portland untuk beton K-200 (beton 1 m^3 membutuhkan 352 kg semen)
 $= (14,48 \text{ m}^3 + 1,04 \text{ m}^3 + 1 \text{ m}^3) \times 352 \text{ kg}$
 $= 16,52 \text{ m}^3 \times 352 \text{ kg}$
 $= 5815,04 \text{ kg}$
 $1 \text{ sak} = 50 \text{ kg}$
 Kebutuhan semen = $5815,04\text{kg} / 50 \text{ kg} = 117 \text{ sak}$
- Pasir cor untuk beton K-200 (1m^3 beton membutuhkan 731 kg pasir)
 $= 16,52 \text{ m}^3 \times 731 \text{ kg}$
 $= 12076,12 \text{ kg}$
- Kerikil untuk beton K200 (1m^3 beton membutuhkan 1031 kg kerikil)
 $= 16,52 \text{ m}^3 \times 1031 \text{ kg}$
 $= 17032,12 \text{ kg}$
- Air untuk beton K200 (1m^3 beton membutuhkan 215 L air)
 $= 16,52 \text{ m}^3 \times 215 \text{ L}$
 $= 3551,8 \text{ L}$

Bahan untuk dinding batu-bata

- Semen portland untuk dinding batu bata (1m^2 dinding tebal $\frac{1}{2}$ bata membutuhkan 9,68 kg semen)
 $= (18 \text{ m}^2 + 13,4 \text{ m}^2 + 17,48 \text{ m}^2) \times 9,68 \text{ kg}$
 $= (48,88 \text{ m}^2) \times 9,68 \text{ kg}$

$$= 473,16 \text{ kg}$$

$$1 \text{ sak} = 50 \text{ kg}$$

$$\text{Kebutuhan semen} = 473,16 / 50 \text{ kg} = 10 \text{ sak}$$

- Pasir pasang untuk dinding batu bata (1m^2 dinding tebal $\frac{1}{2}$ bata membutuhkan $0,045 \text{ m}^3$ pasir)
 $= 48,88 \text{ m}^2 \times 0,045 \text{ m}^3$
 $= 2,2 \text{ m}^3$
- Batu bata untuk dinding batu bata (1m^2 dinding tebal $\frac{1}{2}$ bata membutuhkan 70 buah)
 $= 48,88 \text{ m}^2 \times 70 \text{ buah}$
 $= 3422 \text{ buah}$

Bahan untuk plesteran

- Semen portland untuk plesteran (1m^2 plesteran membutuhkan 8,68 kg semen)
 $= 48,88 \text{ m}^2 \times 8,68 \text{ kg}$
 $= 424,3 \text{ kg}$
 $1 \text{ sak} = 50 \text{ kg}$
 $\text{Kebutuhan semen} = 424,3 \text{ kg} / 50 \text{ kg} = 9 \text{ sak}$
- Pasir hitam untuk dinding batu bata (1m^2 dinding tebal $\frac{1}{2}$ bata membutuhkan $0,045 \text{ m}^3$ pasir)
 $= 48,88 \text{ m}^2 \times 0,045 \text{ m}^3$
 $= 2,2 \text{ m}^3$

f. Pekerjaan Lain-lain

- Pipa gas
galvanis $\frac{3}{4}$ inci = 32 meter
 $= \frac{32 \text{ m}}{6 \text{ m/lonjor}} = 5,33 \text{ lonjor} = 6 \text{ lonjor}$
- Pipa penguras
lumpur 5 inci = 5 meter
 $= \frac{5 \text{ m}}{6 \text{ m/lonjor}} = 1 \text{ lonjor}$
- Elbow galvanis
 $\frac{3}{4}$ inci = 3 buah
 $= \frac{3 \text{ m}}{6 \text{ m/lonjor}} = 1$

- Tutup manhole plat bordes 40 cm x 40 cm = 2 buah

5.11.1.5 Pemasangan Perpipaan Air Hujan

a. Talang Datar Persegi

- Blok I

Ø 6 inci (Panjang 1 meter/lonjor)

1 segmen = 24 meter

$$= \frac{24 \text{ m}}{1 \text{ m/lonjor}} = 24 \text{ lonjor}$$

1 segmen = 8 meter

$$= \frac{8 \text{ m}}{1 \text{ m/lonjor}} = 8 \text{ lonjor}$$

Ø 8 inci (Panjang 4 meter/lonjor)

1 segmen = 24 meter

$$= \frac{24 \text{ m}}{1 \text{ m/lonjor}} = 24 \text{ lonjor}$$

- Musholla

Ø 6 inci (Panjang 4 meter/lonjor)

- 1 segmen = 24 meter

$$= \frac{24 \text{ m}}{1 \text{ m/lonjor}} = 24 \text{ lonjor}$$

- 1 segmen = 8 meter

$$= \frac{9,5 \text{ m}}{1 \text{ m/lonjor}} = 10 \text{ lonjor}$$

Ø 8 inci (Panjang 4 meter/lonjor)

- 1 segmen = 24 meter

$$= \frac{24 \text{ m}}{1 \text{ m/lonjor}} = 24 \text{ lonjor}$$

b. Penutup Talang Persegi

- Blok I = 2 buah

- Musholla = 2 buah

c. Penggantung Talang (Dipasang tiap 5 meter)

- Blok I (2 segmen, 1 segmen = 24 meter)

$$= \frac{24 \text{ m} \times 2}{5 \text{ m/buah}} = 10 \text{ buah}$$

- (1 segmen= 8 meter)

$$= \frac{8}{5 \text{ m/buah}} = 2 \text{ buah}$$
- Musholla (2 segmen, 1 segmen = 24 meter)

$$= \frac{24 \text{ m} \times 2}{5 \text{ m/buah}} = 10 \text{ buah}$$
- (1 segmen= 9,5 meter)

$$= \frac{9,5}{5 \text{ m/buah}} = 2 \text{ buah}$$
- Total Penggantung Talang = 24 buah
- d. Spacer (Dipasang dengan penggantung talang)
 - Total Spacer = 24 buah
- e. Corong Talang
 - Blok I = 1 buah
 - Musholla = 1 buah
 - Total Corong Talang = 2 buah
- f. Belokan Talang
 - Blok I = 2 buah
 - Musholla = 2 buah
 - Total belokan talang = 4 buah
- g. 90° Ø 3/4 inci (2 buah setiap pada pipa tegak) Bend
 - Blok I = 2 buah
 - Musholla = 2 buah
 - Total Pipa bend 90° Ø 4 inci= 4 buah
- h. Pipa inlet tandon Ø 3/4 inci
 - Blok I (1,1 meter)

$$= 1 \text{ lonjor}$$
 - Musholla (2 meter)

$$= 1 \text{ lonjor}$$
- i. Pipa overflow tandon Ø 3/4 inci
 - Blok I (1,1 meter)

$$= 1 \text{ lonjor}$$
 - Musholla (2 meter)

$$= 1 \text{ lonjor}$$

j. Besi penahan tandon

- Besi plat bordes 4 inci x 8 inci tebal 3 mm
= 2 buah
- Besi siku 5 x 5 (1 lonjor= 6meter)
$$= \frac{116,06}{6 \text{ m/buah}} = 19,34 \text{ buah} = 20 \text{ buah}$$

k. Filter air hujan

Blok I

1 L= 1 kg, maka

- Media kerikil
$$= 0,3 \text{ m} \times 0,11 \text{ m}^2$$
$$= 0,033 \text{ m}^3$$
$$= 33 \text{ L} = 33 \text{ kg}$$
- Media antrasit
$$= 0,3136 \text{ m} \times 0,11 \text{ m}^2$$
$$= 0,0345 \text{ m}^3$$
$$= 34,5 \text{ L} = 34,5 \text{ kg}$$
- Media pasir
$$= 0,6864 \text{ m} \times 0,11 \text{ m}^2$$
$$= 0,0755 \text{ m}^3$$
$$= 75,5 \text{ L} = 75,5 \text{ kg}$$

Musholla

1 L= 1 kg, maka

- Media kerikil
$$= 0,3 \text{ m} \times 0,11 \text{ m}^2$$
$$= 0,033 \text{ m}^3$$
$$= 33 \text{ L} = 33 \text{ kg}$$
- Media antrasit
$$= 0,3136 \text{ m} \times 0,11 \text{ m}^2$$
$$= 0,0345 \text{ m}^3$$
$$= 34,5 \text{ L} = 34,5 \text{ kg}$$
- Media pasir
$$= 0,6864 \text{ m} \times 0,11 \text{ m}^2$$
$$= 0,0755 \text{ m}^3$$
$$= 75,5 \text{ L} = 75,5 \text{ kg}$$
- Pipa PVC putih Ø 16 inci = 2 buah
Panjang pipa tiap filter = 1,3 meter

Panjang ppa = 1 lonjor (1 lonjor= 4 meter)

- Cap pipa = 4 buah
- Pipa PVC putih Ø 1 inci = 2 lonjor (1 lonjor=4 meter)

I. Unit desinfeksi

- Alat desinfeksi VIQUA = 1 buah

5.11.6 Perpipaan Air Limbah menuju ABR-AF

a. Pipa Datar Jenis PVC Ø 4 inci (Panjang 6 meter/lonjor)

- Total Panjang Pipa = 315 m
$$= \frac{315 \text{ m}}{4 \text{ m/buah}} = 79 \text{ buah}$$

b. Pipa Datar Jenis PVC Ø 5 inci (Panjang 4 meter/lonjor)

- Total Panjang Pipa = 58 m
$$= \frac{58 \text{ m}}{4 \text{ m/buah}} = 14 \text{ buah}$$

c. Elbow 45° Ø 4 inci

- Total elbow 45° Ø 4 inci = 12 buah

d. Elbow 90° Ø 4 inci

- Total elbow 90° Ø 4 inci = 6 buah

e. Tee 4 inci

- Total Tee 4 inci = 4 buah

f. Tee 5 X 4 inci

- Total Pipa Tee 5x4 inci = 4 buah

g. Cap pipa

- Cap pipa 4 inci = 7 buah
- Cap pipa 5 inci = 1 buah

5.11.1.7 Perpipaan Air Limbah menuju *Anaerobic Digester*

a. Pipa Datar Jenis PVC Ø 4 inci (Panjang 6 meter/lonjor)

- Total Panjang Pipa = 198 m
$$= \frac{198 \text{ m}}{4 \text{ m/buah}} = 40 \text{ buah}$$

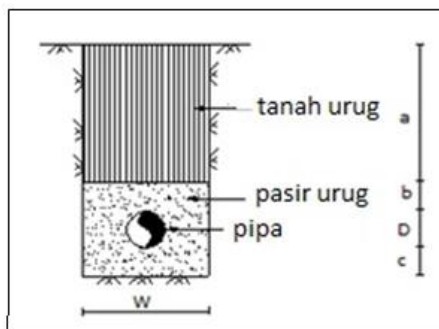
b. elbow 45° Ø 4 inci

- Total Bend 45° Ø 4 inci = 8 buah
- c. elbow 90° Ø 4 inci
 - Total Pipa Tekuk 90° Ø 4 inci = 3 buah
- d. Tee 4 inci
 - Total Pipa Bentuk T 4 inci = 1 buah
- e. Cap pipa
 - Cap pipa 4 inci = 3 buah

5.11.1.8 BOQ SPAL

a. Penanaman pipa

Untuk penggalian pipa direncanakan pada keadaan tanah stabil (normal) seperti Gambar 5.25. Untuk gambar penanaman galian pipa normal dapat dilihat melalui gambar tipikal pada lampiran. Penanaman pipa dari muka tanah direncanakan sesuai dengan diameter pipa yang dapat dilihat pada Gambar 5.25 berikut.



Gambar 5. 25 Galian Normal Pipa Penyalur Air Limbah

Adapun nilai a, b, c, D, dan w telah diatur dalam standar Departemen Pekerjaan Umum yang dapat dilihat melalui Tabel 5.35 berikut.

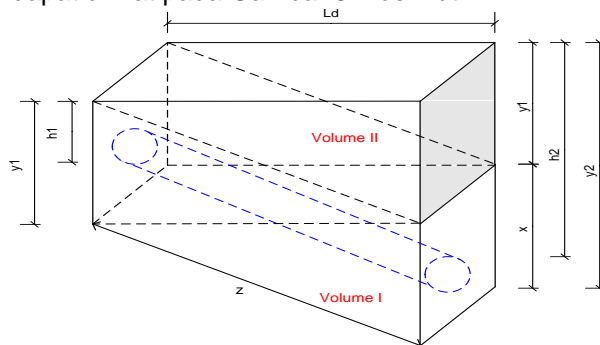
Tabel 5. 36 Standar Urugan Galian yang Diperkenankan

No	Diameter (mm)	L	h pipa	h tanah	h pasir atas	h pasir bawah
----	---------------	---	--------	---------	--------------	---------------

		abcd	w	a	B	c
1	50 -200	100 -115	55 - 60	65 - 75	15	15
2	150 – 200	120 - 125	65 -70	75	15	15
3	250 – 300	130 - 135	75 -80	75	15	15
4	350 – 400	140 -150	85 - 95	75	15	15
5	500 - 600	160 -170	100 -110	75	15	15
6	600 -700	180 - 190	120 -130	75	15	15
7	700 - 900	190 - 200	140 - 150	75	15	15
8	900 - 1100	200 - 210	160 -170	75	15	15
9	1100 - 1300	210 - 220	180 -190	75	15	15

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Untuk gambar bentuk galian pipa sepanjang saluran dapat dilihat pada Gambar 6.2 berikut ini.



Gambar 5. 26 Bentuk Galian yang direncanakan Sepanjang Saluran

Perhitungan BOQ untuk galian pipa sepanjang saluran adalah sebagai berikut :

- D = diameter pipa.
- h_1 = kedalaman penanaman pipa awal (sampai dasar pipa).
- h_2 = kedalaman penanaman pipa akhir (sampai dasar pipa).
- y = kedalaman galian = $h + c$.

- y_1 = kedalaman galian awal.
- y_2 = kedalaman galian akhir.
- $x = y_2 - y_1$,
- $z = ((y_1^2) + (L \text{ pipa}^2))^{1/2}$
- $w = ((0,3 \times 2) + D)$
- Volume galian I = $w \times y_1 \times z$
- Volume galian II = $\frac{1}{2} \times w \times x \times z$
- Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II

- Volume pipa = $\frac{1}{4} \pi D^2 \times Ld$
- Volume urugan pasir = $(w \times (b + D + c) \times Ld) - \text{Volume pipa}$
- Volume tanah urug
= Volume galian total – Volume urugan pasir – Volume pipa
- Volume sisa galian tanah
= Volume galian total – Volume tanah urug

Contoh perhitungan BOQ galian pipa pada saluran P1-P2 adalah sebagai berikut :

- $D = 125 \text{ mm} = 0,125 \text{ m}$
- Panjang saluran = L pipa = 11 m
- $h_1 = 1,12 \text{ m}$, $h_2 = 1,22 \text{ m}$
- $y_1 = h_1 + c = 1,12 + 0,15 = 1,27 \text{ m}$
- $y_2 = h_2 + c = 1,22 + 0,15 = 1,37 \text{ m}$
- $x = y_2 - y_1 = 1,37 - 1,27 = 0,10 \text{ m}$
- $Z = [(1,27^2) + (11^2)]^{1/2} = 11,47 \text{ m}$
- Vol. galian I = $[(0,3 \times 2) + 0,125] \times 1,27 \times 11,47 = 10,56 \text{ m}^3$
- Vol. galian II = $\frac{1}{2} [(0,3 \times 2) + 0,125] \times 0,1 \times 11,47 = 0,83 \text{ m}^3$
- Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II
 $= 10,56 \text{ m}^3 + 0,83 \text{ m}^3 = 11,39 \text{ m}^3$
- Volume pipa
 $= \frac{1}{4} \pi D^2 \times L \text{ saluran}$
 $= \frac{1}{4} \pi (0,125)^2 \times 11 \text{ meter}$
 $= 0,14 \text{ m}^3$
- Volume urugan pasir
 $= (w \times bDc \times L \text{ saluran}) - \text{Volume Pipa}$

$$= (1 \times 0,43 \times 11) - 0,14$$

$$= 3,37 \text{ m}^3$$

➤ Volume tanah urug

$$= \text{Volume galian total} - \text{Volume urugan pasir} - \text{Volume pipa}$$

$$= 11,39 - 3,37 - 0,14$$

$$= 7,88 \text{ m}^3$$

➤ Volume sisa galian tanah

$$= \text{Volume galian total} - \text{Volume tanah urug}$$

$$= 11,39 \text{ m}^3 - 7,88 \text{ m}^3$$

$$= 3,51 \text{ m}^3$$

Perhitungan dimensi galian selengkapnya untuk pipa menuju ABR-AF dapat dilihat pada Tabel 5.36 dan untuk perhitungan BOQ urugan dan galian pipa menuju ABR-AF dapat dilihat dalam Tabel 5.37, sedangkan Perhitungan dimensi galian selengkapnya untuk pipa menuju *Anaerobic digester* dapat dilihat pada Tabel 5.38 dan untuk perhitungan BOQ urugan dan galian pipa menuju *Anaerobic digester* dapat dilihat dalam Tabel 5.39

Tabel 5. 37 Dimensi Galian untuk pipa menuju ABR-AF

No.	Jalur Pipa	L Pipa	D apply		w	a	B	c	bDc	abDc
		m	mm	m	m	m	m	m	m	M
1	P1-P2	11	125	0,13	0,73	0,75	0,15	0,15	0,43	1,18
2	a1-P1	15	125	0,13	0,73	0,75	0,15	0,15	0,43	1,18
3	b1-b2	21	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
4	b2-b3	5	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
5	b3-b4	11	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
6	b4-b5	4	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
7	b5-b6	13	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
8	b6-b7	11	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
9	b7-P2	2	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
10	P2-P3	20	125	0,13	0,73	0,75	0,15	0,15	0,43	1,18
11	c1-c2	8	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
12	c2-c3	6	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
13	d1-d2	8	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
14	d2-c3	8	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
15	c3-P3	1	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
16	P3-P4	23	125	0,13	0,73	0,75	0,15	0,15	0,43	1,18
17	e1-e2	8	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
18	e2-e3	8	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
19	e3-e4	7	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
20	e4-e5	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
21	g1-g2	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
22	AD-g2	9	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
23	g2-g3	16	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
24	g3-g4	17	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
25	g4-f6	10	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
26	f1-f2	9	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
27	f2-f3	7	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
28	f3-f4	10	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
29	f4-f5	7	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
30	f5-f6	7	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16

No.	Jalur Pipa	L Pipa	D apply		w	a	B	c	bDc	abDc
		m	mm	m	m	m	m	m	m	M
31	f6-f7	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
32	f7-f8	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
33	f8-f9	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
34	f9-f10	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
35	f10-e5	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
36	e5-P4	1	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
37	P4-IPAL	4	125	0,13	0,73	0,75	0,15	0,15	0,43	1,18

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 5. 38 BOQ urugan dan galian pipa menuju ABR-AF

No.	Jalur Pipa	L Pipa	D apply		Kedalaman Penggalan		Y1	Y2	X	Z	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total (m ³)	Volume Pipa (m ³)	Volume Urugan Pasir (m ³)	Volume Tanah Urug (m ³)	Volume Sisa Tanah Galian (m ³)
		m	mm	m	awal	akhir	m	m	m	m	I	II					
1	P1-P2	11	125	0,125	1,12	1,22	1,27	1,37	0,10	11,47	10,56	0,83	11,39	0,14	3,37	7,88	3,51
2	a1-P1	15	125	0,125	0,62	0,72	0,77	0,9	0,10	15,29	8,53	1,11	9,64	0,19	4,52	4,94	4,70
3	b1-b2	21	110	0,110	0,61	0,76	0,76	0,9	0,15	21,26	11,47	2,26	13,74	0,20	5,98	7,55	6,18
4	b2-b3	5	110	0,110	0,76	0,78	0,91	0,9	0,02	4,78	3,09	0,07	3,16	0,04	1,32	1,79	1,37
5	b3-b4	11	110	0,110	0,78	0,84	0,93	1,0	0,06	11,17	7,38	0,48	7,85	0,11	3,14	4,61	3,24
6	b4-b5	4	110	0,110	0,84	0,87	0,99	1,0	0,03	4,60	3,23	0,10	3,33	0,04	1,26	2,02	1,31
7	b5-b6	13	110	0,110	0,87	0,94	1,02	1,1	0,07	12,74	9,23	0,63	9,86	0,12	3,58	6,17	3,70
8	b6-b7	11	110	0,110	0,94	1,02	1,09	1,2	0,08	11,40	8,82	0,65	9,47	0,11	3,20	6,17	3,30
9	b7-P2	2	110	0,110	1,02	1,22	1,17	1,4	0,20	2,14	1,78	0,30	2,08	0,02	0,51	1,56	0,52
10	P2-P3	20	125	0,125	1,22	1,08	1,37	1,2	0,00	14,00	13,91	0,00	13,91	0,24	5,84	7,82	6,08
11	c1-c2	8	110	0,110	0,61	0,65	0,76	0,8	0,04	8,07	4,36	0,23	4,59	0,08	2,26	2,25	2,34
12	c2-c3	6	110	0,110	0,65	0,66	0,80	0,8	0,01	6,15	3,49	0,04	3,54	0,06	1,72	1,76	1,78
13	d1-d2	8	110	0,110	0,61	0,63	0,76	0,8	0,02	8,15	4,40	0,12	4,51	0,08	2,29	2,15	2,36
14	d2-c3	8	110	0,110	0,63	0,71	0,78	0,9	0,08	8,44	4,67	0,48	5,15	0,08	2,37	2,71	2,45
15	c3-P3	1	110	0,110	0,71	1,08	0,86	1,2	0,37	1,63	1,00	0,43	1,42	0,01	0,39	1,02	0,40
16	P3-P4	23	125	0,125	1,08	0,96	1,23	1,1	0,00	1,00	0,89	0,00	0,89	0,28	6,83	6,22	5,33

No.	Jalur Pipa	L Pipa	D apply		Kedalaman Penggalan		Y1	Y2	X	Z	Volume Galian (m ³)		Volume Galian Total (m ³)	Volume Pipa (m ³)	Volume Urugan Pasir (m ³)	Volume Tanah Urug (m ³)	Volume Sisa Tanah Galian (m ³)
		m	mm	m	awal	akhir	m	m	m	m	I	II					
17	e1-e2	8	110	0,110	1,11	1,16	1,26	1,3	0,05	8,21	7,35	0,29	7,64	0,08	2,29	5,28	2,36
18	e2-e3	8	110	0,110	1,16	1,22	1,31	1,4	0,06	8,50	7,91	0,36	8,27	0,08	2,37	5,83	2,45
19	e3-e4	7	110	0,110	1,22	1,21	1,37	1,4	0,01	7,45	7,24	0,05	7,30	0,07	2,06	5,16	2,13
20	e4-e5	12	110	0,110	1,21	0,95	1,36	1,1	0,26	12,21	11,79	2,25	14,04	0,12	3,42	10,51	3,53
21	g1-g2	12	110	0,110	0,61	0,70	0,76	0,8	0,09	12,29	6,63	0,79	7,42	0,12	3,45	3,85	3,57
22	AD-g2	9	110	0,110	0,61	0,70	0,76	0,8	0,09	8,74	4,72	0,56	5,28	0,08	2,45	2,74	2,54
23	g2-g3	16	110	0,110	0,70	0,81	0,85	1,0	0,11	15,78	9,52	1,23	10,76	0,15	4,44	6,17	4,59
24	g3-g4	17	110	0,110	0,81	0,93	0,96	1,1	0,12	16,89	11,51	1,44	12,95	0,16	4,75	8,04	4,91
25	g4-f6	10	110	0,110	0,93	1,14	1,08	1,3	0,21	10,26	7,87	1,53	9,40	0,10	2,87	6,43	2,97
26	f1-f2	9	110	0,110	0,61	0,66	0,76	0,8	0,05	8,92	4,81	0,32	5,13	0,08	2,50	2,54	2,59
27	f2-f3	7	110	0,110	0,66	0,70	0,81	0,8	0,04	7,30	4,20	0,21	4,40	0,07	2,04	2,29	2,11
28	f3-f4	10	110	0,110	0,70	0,76	0,85	0,9	0,06	9,96	6,01	0,42	6,44	0,09	2,79	3,55	2,89
29	f4-f5	7	110	0,110	0,76	0,81	0,91	1,0	0,05	7,12	4,60	0,25	4,86	0,07	1,99	2,80	2,06
30	f5-f6	7	110	0,110	0,81	1,14	0,96	1,3	0,33	6,59	4,49	1,54	6,04	0,06	1,84	4,14	1,90
31	f6-f7	12	110	0,110	1,14	1,08	1,29	1,2	0,06	11,67	10,69	0,50	11,19	0,11	3,27	7,81	3,38
32	f7-f8	12	110	0,110	1,08	1,02	1,23	1,2	0,06	12,06	10,53	0,51	11,04	0,11	3,38	7,55	3,49
33	f8-f9	12	110	0,110	1,02	0,90	1,17	1,0	0,12	12,20	10,14	1,04	11,18	0,12	3,42	7,64	3,54
34	f9-f10	12	110	0,110	0,90	0,91	1,05	1,1	0,01	11,91	8,88	0,08	8,97	0,11	3,34	5,51	3,45
35	f10-e5	12	110	0,110	0,91	0,95	1,06	1,1	0,04	12,23	9,20	0,35	9,55	0,12	3,43	6,00	3,55
36	e5-P4	1	110	0,110	0,95	0,96	1,10	1,1	0,01	1,77	1,39	0,01	1,40	0,01	0,39	0,99	0,41
37	P4-IPAL	4	125	0,125	0,96	1,00	1,11	1,2	0,04	3,69	2,97	0,11	3,07	0,04	1,04	1,99	1,08
TOTAL													270,8	3,7	106,1	173,4	108,1

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 5. 39 Dimensi Galian untuk pipa menuju ABR-AF

No.	Jalur Pipa	L Pipa	D apply		w	a	b	c	bDc	AbDc
		(m)	(mm)	(m)	m	m	m	m	m	M
1	e'1-e'2	8	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
2	e'2-e'3	8	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
3	e'3-e'4	7	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
4	e'4-e'5	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
5	e'5-e'6	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
6	e'6-e'7	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
7	e'7-e'8	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
8	e'8-e'9	12	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
9	e'9-h'6	11	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
10	h'1-h'2	8	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
11	h'2-h'3	8	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
12	h'3-h'4	7	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
13	h'4-h'5	7	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
14	h'5-h'6	7	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
15	h'6-O1	1	110	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
16	O1-O2	10	114	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
17	O2-O3	17	114	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
18	O3-O4	17	114	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
19	O4-O5	16	114	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16
20	O5-AD	4	114	0,11	0,71	0,75	0,15	0,15	0,41	1,16

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 5. 40 BOQ urugan dan galian pipa menuju ABR-AF

No.	Jalur Pipa	L Pipa	D apply		Kedalaman Penggalan		Y1	Y2	X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total (m3)	Volume Pipa (m3)	Volume Urugan Pasir (m3)	Volume Tanah Urug (m3)	Volume Sisa Tanah Galian (m3)
		m	mm	m	awal	akhir	m	m	m	m	I	II					

No.	Jalur Pipa	L Pipa	D apply		Kedalaman Penggalan		Y1	Y2	X	Z	Volume Galian (m3)		Volume Galian Total (m3)	Volume Pipa (m3)	Volume Urugan Basah	Volume Tanah Urug	Volume Sisa Tanah
1	e'1-e'2	8	110	0,11	0,6	0,7	0,8	0,8	0,0	8,152	4,4	0,3	4,7	0,1	2,3	2,3	2,4
2	e'2-e'3	8	110	0,11	0,7	0,8	0,8	0,9	0,1	8,442	4,9	0,7	5,6	0,1	2,4	3,1	2,4
3	e'3-e'4	7	110	0,11	0,8	0,7	0,9	0,9	0,0	1,000	0,7	0,0	0,7	0,1	2,1	-1,5	2,1
4	e'4-e'5	12	110	0,11	0,7	0,4	0,9	0,6	0,3	12,160	7,4	2,6	10,0	0,1	3,4	6,5	3,5
5	e'5-e'6	12	110	0,11	0,4	0,6	0,6	0,7	0,1	12,197	5,2	1,0	6,1	0,1	3,4	2,6	3,5
6	e'6-e'7	12	110	0,11	0,6	0,6	0,7	0,8	0,1	11,887	6,0	0,8	6,8	0,1	3,3	3,3	3,5
7	e'7-e'8	12	110	0,11	0,6	1,0	0,8	1,2	0,4	12,171	6,9	3,1	10,0	0,1	3,4	6,5	3,5
8	e'8-e'9	12	110	0,11	1,0	1,2	1,2	1,4	0,2	12,056	9,9	2,0	11,9	0,1	3,4	8,4	3,5
9	e'9-h'6	11	110	0,11	0,2	1,0	0,3	1,1	0,8	11,153	2,5	6,6	9,0	0,1	3,1	5,8	3,2
10	h'1-h'2	8	110	0,11	0,6	0,5	0,8	0,7	0,1	8,161	4,4	0,6	5,0	0,1	2,3	2,6	2,4
11	h'2-h'3	8	110	0,11	0,6	0,6	0,7	0,7	0,0	8,284	4,2	0,0	4,2	0,1	2,3	1,8	2,4
12	h'3-h'4	7	110	0,11	0,6	0,6	0,7	0,8	0,0	6,868	3,5	0,2	3,7	0,1	1,9	1,7	2,0
13	h'4-h'5	7	110	0,11	0,6	0,7	0,8	0,8	0,1	6,776	3,7	0,2	3,9	0,1	1,9	1,9	2,0
14	h'5-h'6	7	110	0,11	0,7	1,0	0,8	1,1	0,3	6,696	3,9	1,6	5,4	0,1	1,9	3,5	1,9
15	h'6-O1	1	110	0,11	1,0	0,4	1,1	0,6	0,0	6,000	4,9	0,0	4,9	0,0	0,4	4,5	0,4
16	O1-O2	10	114	0,11	0,4	0,4	0,6	0,6	0,0	10,221	4,1	0,0	4,1	0,1	2,9	1,1	3,0
17	O2-O3	17	114	0,11	0,4	0,4	0,6	0,6	0,0	16,876	6,7	0,0	6,7	0,2	4,8	1,8	5,0
18	O3-O4	17	114	0,11	0,4	0,4	0,6	0,6	0,0	17,210	6,9	0,0	6,9	0,2	4,9	1,8	5,1
19	O4-O5	16	114	0,11	0,4	0,4	0,6	0,6	0,0	16,104	6,4	0,0	6,4	0,2	4,6	1,7	4,8
20	O5-AD	4	114	0,11	0,4	0,4	0,6	0,6	0,0	4,168	1,7	0,0	1,7	0,0	1,2	0,4	1,2
TOTAL													117,7	1,9	55,9	59,9	57,8

Sumber : Hasil perhitungan

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

b. Kebutuhan manhole

Kebutuhan manhole untuk jalur pipa menuju ABR-AF
dapat dilihat melalui Tabel 5.40

Tabel 5. 41 Kebutuhan *manhole* saluran ABR-AF

Jalur Pipa	L pipa (m)	Diameter (mm)	Manhole Yang Digunakan			
			Lurus	Belokan	Drop Manhole	Manhole Pertigaan
P1-P2	15,3	110	-	-	-	1
a1-P1	11,4	125	1	-	-	
b1-b2	21,2	110	1	-	-	-
b2-b3	4,7	110	-	1	-	-
b3-b4	11,1	110	-	1	-	-
b4-b5	4,5	110	-	1	-	-
b5-b6	12,7	110	-	1	-	-
b6-b7	11,3	110	-	-	-	-
b7-P2	1,8	110	-	-	-	1
P2-P3	19,7	125	-	-	-	
c1-c2	8,0	110	1	-	-	-
c2-c3	6,1	110	-	-	-	-
d1-d2	8,1	110	-	-	-	-
d2-c3	8,4	110	-	-	-	1
c3-P3	1,4	110	-	-	1	-
P3-P4	23,1	125	-	-		-
e1-e2	8,1	110	1	-	-	-
e2-e3	8,4	110	-	1	-	-
e3-e4	7,3	110	-		-	-
e4-e5	12,1	110	-	-	-	-
g1-g2	12,3	110	1	-	-	-
AD-g2	8,7	110	-	-	-	1

Jalur Pipa	L pipa (m)	Diameter (mm)	Manhole Yang Digunakan			
			Lurus	Belokan	Drop Manhole	Manhole Pertigaan
g2-g3	15,8	110	-	-	-	
g3-g4	16,9	110	-	-	-	-
g4-f6	10,2	110	-	1	-	-
f1-f2	8,9	110	1	-	-	-
f2-f3	7,3	110	-	-	-	-
f3-f4	9,9	110	-	-	-	-
f4-f5	7,1	110	-	-	-	-
f5-f6	6,5	110	-	-	-	1
f6-f7	11,6	110	-	1	-	
f7-f8	12,0	110	-	-	-	-
f8-f9	12,1	110	-	-	-	-
f9-f10	11,9	110	-	1	-	-
f10-e5	12,2	110	-	-	1	-
e5-P4	1,4	110	-	-		-
P4-IPAL	3,5	125	-	-		-
TOTAL			6	8	2	5

Sumber: hasil perhitungan

Kebutuhan manhole untuk jalur limbah *blackwater* menuju unit AD (*Anaerobic digester*) dapat dilihat melalui Tabel 5.41

Tabel 5. 42 Kebutuhan *manhole* saluran Anaerobic Digester

Jalur Pipa	L. pipa (m)	Diameter (mm)	Manhole Yang Digunakan			
			Lurus	Belokan	Drop Manhole	Manhole Pertigaan
e'1-e'2	15,3	110	1	-	-	-
e'2-e'3	11,4	110	-	-	-	-

Jalur Pipa	L. pipa (m)	Diameter (mm)	Manhole Yang Digunakan			
			Lurus	Belokan	Drop Manhole	Manhole Pertigaan
e'3-e'4	21,2	110	-	1	-	-
e'4-e'5	4,7	110	-	-	-	-
e'5-e'6	11,1	110	-	1	-	-
e'6-e'7	4,5	110	-	1	-	-
e'7-e'8	12,7	110	-	-	-	-
e'8-e'9	11,3	110	-	1	-	-
e'9-h'6	1,8	110	-	-	-	-
h'1-h'2	19,7	110	1	-	-	-
h'2-h'3	8,0	110	-	-	-	-
h'3-h'4	6,1	110	-	1	-	-
h'4-h'5	8,1	110	1	-	-	-
h'5-h'6	8,4	110	-	-	-	-
h'6-O1	1,4	110	-	-	1	-
O1-O2	23,8	110	-	-		-
O2-O3	8,1	110	-	1	-	-
O3-O4	8,4	110	-	1	-	-
O4-O5	7,3	110	-	-	-	-
O5-AD	12,1	110	-	1	-	-
TOTAL			3	8	1	0

Sumber: hasil perhitungan

- BOQ manhole tipikal

Manhole yang digunakan menggunakan buis beton bertulang dengan ukuran diameter 80 cm. Manhole dilengkapi tangga inspeksi.

- Manhole lurus

Manhole lurus dipasang pada setiap ujung awal pipa

Untuk pipa air limbah sekunder tiap penanaman pipa awal menuju ABR-AF memiliki kedalaman 1 meter

Untuk pipa sekunder tiap penanaman awal air limbah menuju AD memiliki kedalaman 0,5 meter.

Kebutuhan beton K-200 untuk kedalaman 1 meter (6 manhole)

$$= (1/4 \times \pi \times d^2 \times \text{tebal beton}) \times 6$$

$$= (1/4 \times \pi \times 1^2 \times 0,3 \text{ m}) \times 6$$

$$= 0,24 \text{ m}^3 \times 6$$

$$= 1,44 \text{ m}^3$$

Kebutuhan beton K-200 untuk kedalaman 0,5 meter (3 manhole)

$$= (1/4 \times \pi \times d^2 \times \text{tebal beton}) \times 3$$

$$= (1/4 \times \pi \times 1^2 \times 0,2 \text{ m}) \times 3$$

$$= 0,48 \text{ m}^3$$

$$\text{Total kebutuhan beton K-200} = 1,92 \text{ m}^3$$

Kebutuhan beton K-175 untuk penyambung buis beton (total manhole AD dan ABR-AF 9 buah)

$$= \{((1/4 \times \pi \times 0,66^2) - (1/4 \times \pi \times 0,60^2)) \times 0,03 \text{ meter}\} + \{((1/4 \times \pi \times 0,8^2) - (1/4 \times \pi \times 0,6^2)) \times 0,06 \text{ meter}\} \times 9$$

$$= (0,01 \text{ m}^3 + 0,01 \text{ m}^3) \times 9$$

$$= 0,02 \text{ m}^3 \times 9$$

$$= 0,18 \text{ m}^3$$

Kebutuhan pasangan dinding setengah bata untuk kemiringan lantai manhole

$$= 9 \times (1/4 \times \pi \times 0,8^2) - (1/4 \times \pi \times 0,11^2)$$

$$= 4,43 \text{ m}^2$$

- Manhole belokan

Manhole belokan dipasang pada setiap belokan pipa

Untuk pipa air limbah menuju ABR-AF memiliki kedalaman tipikal 1 meter

Untuk pipa sekunder pipa air limbah menuju AD memiliki kedalaman tipikal 1 meter

Kebutuhan beton K-200 untuk kedalaman 1 meter (total manhole AD dan ABR-AF 16 buah)

$$= (1/4 \times \pi \times d^2 \times \text{tebal beton}) \times 16$$

$$= (1/4 \times \pi \times 1^2 \times 0,3 \text{ m}) \times 16$$

$$= 0,24 \text{ m}^3 \times 16$$

$$= 3,84 \text{ m}^3$$

Kebutuhan beton K-175 untuk penyambung buis beton (total manhole AD dan ABR-AF 16 buah)

$$= \{((1/4 \times \pi \times 0,66^2) - (1/4 \times \pi \times 0,60^2)) \times 0,03 \text{ meter}\} + \{((1/4 \times \pi \times 0,8^2) - (1/4 \times \pi \times 0,6^2)) \times 0,06 \text{ meter}\} \times 16$$

$$= (0,01 \text{ m}^3 + 0,01 \text{ m}^3) \times 16$$

$$= 0,02 \text{ m}^3 \times 16$$

$$= 0,32 \text{ m}^3$$

Kebutuhan pasangan dinding setengah bata untuk kemiringan lantai manhole

$$= 16 \times (1/4 \times \pi \times 0,8^2) - (1/4 \times \pi \times 0,11^2)$$

$$= 7,84 \text{ m}^2$$

- Manhole pertigaan

Manhole pertigaan dipasang pada setiap cabang pertigaan pipa

Untuk pipa air limbah menuju ABR-AF memiliki kedalaman tipikal 1,2 meter dan 0,8 meter

Kebutuhan beton K-200 untuk kedalaman 1,2 meter (total manhole 2 buah)

$$= 1/4 \times \pi \times d^2 \times \text{tebal beton} \times \text{jumlah manhole}$$

$$= (1/4 \times \pi \times 1^2 \times 0,40 \text{ m}) \times 2$$

$$= 0,31 \text{ m}^3 \times 2$$

$$= 0,62 \text{ m}^3$$

Kebutuhan beton K-200 untuk kedalaman 0,8 meter (total manhole 3 buah)

$$= 1/4 \times \pi \times d^2 \times \text{tebal beton} \times \text{jumlah manhole}$$

$$= (1/4 \times \pi \times 1^2 \times 0,3 \text{ m}) \times 3$$

$$= 0,47 \text{ m}^3 \times 3$$

$$= 1,41 \text{ m}^3$$

$$\text{Total kebutuhan beton K-200} = 2,03 \text{ m}^3$$

Kebutuhan beton K-175 (penyambung buis beton) dengan total manhole 5 buah

$$= \{((1/4 \times \pi \times 0,66^2) - (1/4 \times \pi \times 0,60^2)) \times 0,03 \text{ meter}\} + \{((1/4 \times \pi \times 0,8^2) - (1/4 \times \pi \times 0,6^2)) \times 0,06 \text{ meter}\} \times 5$$

$$= (0,01 \text{ m}^3 + 0,01 \text{ m}^3) \times 5 \text{ buah}$$

$$= 0,02 \text{ m}^3 \times 5 \text{ buah}$$

$$= 0,1 \text{ m}^3$$

Kebutuhan pasangan dinding setengah bata untuk kemiringan lantai manhole

$$= 5 \times (1/4 \times \pi \times 0,8^2) - (1/4 \times \pi \times 0,11^2)$$

$$= 2,45 \text{ m}^2$$

- Drop manhole

Drop manhole dipasang pada pipa yang memiliki perbedaan elevasi

Untuk pipa air limbah menuju ABR-AF memiliki kedalaman tipikal 1 meter

Untuk pipa air limbah menuju AD memiliki kedalaman tipikal 1 meter

Kebutuhan beton K-200 untuk kedalaman 1 meter (total manhole 3 buah)

$$= (1/4 \times \pi \times d^2 \times \text{tebal beton}) \times 3$$

$$= (1/4 \times \pi \times 1^2 \times 0,3 \text{ m}) \times 3$$

$$= 0,24 \text{ m}^3 \times 3 \text{ buah}$$

$$= 0,72 \text{ m}^3$$

Kebutuhan beton K-200 untuk penahan pipa

$$= 2 \times p \times l \times h \times 3 \text{ buah}$$

$$= 2 \times 0,4 \times 0,06 \times 0,5 \times 3 \text{ buah}$$

$$= 0,024 \text{ m}^3 \times 3 \text{ buah}$$

$$= 0,072 \text{ m}^3$$

$$\text{Total kebutuhan beton K-200} = 0,792 \text{ m}^3$$

Kebutuhan beton K-175 (penyambung buis beton)

$$= \{((1/4 \times \pi \times 0,66^2) - (1/4 \times \pi \times 0,60^2)) \times 0,03$$

$$\text{meter}\} + \{((1/4 \times \pi \times 0,8^2) - (1/4 \times \pi \times 0,6^2)) \times 0,06$$

$$\text{meter}\} \times 3 \text{ buah}$$

$$= (0,01 \text{ m}^3 + 0,01 \text{ m}^3) \times 3 \text{ buah}$$

$$= 0,06 \text{ m}^3$$

Kebutuhan pasangan dinding setengah bata untuk kemiringan lantai manhole

$$= 3 \times (1/4 \times \pi \times 0,8^2) - (1/4 \times \pi \times 0,11^2)$$

$$= 1,47 \text{ m}^2$$

– Bahan material bangunan

$$\text{Total kebutuhan beton K 200} = 8,582 \text{ m}^3$$

- Semen portland untuk beton K 200 (beton 1 m³ membutuhkan 352 kg semen)

$$= 8,582 \text{ m}^3 \times 352 \text{ kg}$$

$$= 3106,7 \text{ kg}$$

$$1 \text{ sak} = 50 \text{ kg}$$

$$\text{Kebutuhan semen} = 3106,7 \text{ kg} / 50 \text{ kg} = 62 \text{ sak}$$

- Pasir untuk beton K 200 (1 m³ beton membutuhkan 731 kg pasir)

$$= 8,582 \text{ m}^3 \times 731 \text{ kg}$$

$$= 739,6 \text{ kg}$$

- Kerikil untuk beton K 200 (1 m³ beton membutuhkan 1031 kg kerikil)
 $= 8,582 \text{ m}^3 \times 1031 \text{ kg}$
 $= 8848 \text{ kg}$
- Air untuk beton K 200 (1 m³ beton membutuhkan 215 L air)
 $= 8,582 \text{ m}^3 \times 215 \text{ L}$
 $= 1845,13 \text{ L}$

Total kebutuhan beton K 175 = 0,66 m³

- Semen portland untuk beton K 175 (beton 1 m³ membutuhkan 326 kg semen)
 $= 0,66 \text{ m}^3 \times 326 \text{ kg}$
 $= 215,2 \text{ kg}$
 1 sak = 50 kg
 Kebutuhan semen = $215,2 \text{ kg} / 50 \text{ kg} = 4 \text{ sak}$
- Pasir untuk beton K 175 (1 m³ beton membutuhkan 760 kg pasir)
 $= 0,66 \text{ m}^3 \times 760 \text{ kg}$
 $= 501,6 \text{ kg}$
- Kerikil untuk beton K 175 (1 m³ beton membutuhkan 1029 kg kerikil)
 $= 0,66 \text{ m}^3 \times 1029 \text{ kg}$
 $= 679,14 \text{ kg}$
- Air untuk beton K 175 (1 m³ beton membutuhkan 215 L air)
 $= 0,66 \text{ m}^3 \times 215 \text{ L}$
 $= 141,9 \text{ L}$

Bahan untuk dinding batu-bata

Total kebutuhan batu-bata = 16,2 m²

- Semen portland untuk dinding batu bata (1 m² dinding tebal ½ bata membutuhkan 9,68 kg semen)
 $= 16,2 \text{ m}^2 \times 9,68 \text{ kg}$
 $= 156,8 \text{ kg}$
 1 sak = 50 kg

Kebutuhan semen = $156,8 / 50 \text{ kg} = 3 \text{ sak}$

- Pasir pasang untuk dinding batu bata (1m^2 dinding tebal $\frac{1}{2}$ bata membutuhkan $0,045 \text{ m}^3$ pasir)
 $= 16,2 \text{ m}^2 \times 0,045 \text{ m}^3$
 $= 0,72 \text{ m}^3$
- Batu bata untuk dinding batu bata (1m^2 dinding tebal $\frac{1}{2}$ bata membutuhkan 70 buah)
 $= 16,2 \text{ m}^2 \times 70 \text{ buah}$
 $= 1134 \text{ buah}$

Bahan untuk plesteran

- Semen portland untuk plesteran (1m^2 plesteran membutuhkan 8,68 kg semen)
 $= 16,2 \text{ m}^2 \times 8,68 \text{ kg}$
 $= 140,62 \text{ kg}$
1 sak = 50 kg

Kebutuhan semen = $140,62 \text{ kg} / 50 \text{ kg} = 3 \text{ sak}$

- Pasir hitam untuk dinding batu bata (1m^2 dinding tebal $\frac{1}{2}$ bata membutuhkan $0,045 \text{ m}^3$ pasir)
 $= 16,2 \text{ m}^2 \times 0,045 \text{ m}^3$
 $= 0,73 \text{ m}^3$

Kebutuhan besi polos

- Besi polos diameter 3/4 inci
 $= 100 / 35 = 3 \text{ buah per tangga (25 manhole)}$
 $= 50 / 35 = 2 \text{ buah per tangga (3 manhole)}$
 $= 80 / 35 = 2 \text{ buah per tangga (3 manhole)}$
 $= 120 / 35 = 4 \text{ buah per tangga (2 manhole)}$
 $= (0,6 \text{ m} \times 3 \times (25 \text{ manhole})) + (0,6 \text{ m} \times 2 \times (6 \text{ manhole})) + (0,6 \text{ m} \times 4 \times (2 \text{ manhole}))$
 $= 57 \text{ meter}$
1 lonjor besi 6 meter

Kebutuhan besi polos 3/4 inci = $\frac{57}{6} = 10 \text{ lonjor}$

Tabel 5. 43 Kebutuhan material manhole

No	Jenis manhole	jenis buis beton (diameter x panjang)	satuan	jumlah
1	manhole lurus ABR- AF	80 x 100	cm x cm	6
2	manhole lurus AD	80 x 50	cm x cm	3
3	manhole belokan ABR- AF	80x100	cm x cm	8
4	manhole belokan AD	80 x 100	cm x cm	8
5	manhole pertigaan ABR- AF	80x 100	cm x cm	5
		80 x 50	cm x cm	1
6	drop manhole ABR- AF	80 x 100	cm x cm	2
7	drop manhole AD	80 x 100	cm x cm	1
8	tutup manhole plat besi	80 x 80	cm x cm	33
9	Kebutuhan tangga inspeksi	3/4 inci	Lonjor	10

Sumber : hasil perhitungan

5.11.2 Rencana anggaran biaya (RAB)

Berikut adalah perhitungan untuk RAB dari pembangunan *grease trap*, *anaerobic digester* dan *anaerobic baffle reactor* (ABR)-*Anerobic Filter* (AF) serta pemasangan perpipaan air hujan dan air limbah yang berdasarkan HSPK Kota Malang Tahun 2017.

a. RAB pemasangan pipa menuju ABR-AF

Rencana anggaran biaya pemasangan pipa menuju ABR-AF dapat dilihat selengkapnya melalui Tabel 5.44.

Tabel 5. 44 RAB pemasangan pipa air limbah menuju ABR-AF

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
----	------------------	-----	--------	--------------	-------

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pekerjaan Galian Tanah					
	Tenaga kerja				
1	mandor	0,025	org/hari	Rp 110.000	Rp 2.750,000
2	Pembantu tukang	0,750	org/hari	Rp 70.000	Rp 52.500,000
Pekerjaan pemindahan tanah					
	Tenaga kerja				
1	mandor	0,010	org/hari	Rp 110.000	Rp 1.100,000
2	Pembantu tukang	0,330	org/hari	Rp 70.000	Rp 23.100,000
Pekerjaan Urugan Tanah					
	Tenaga kerja				
1	mandor	0,008	org/hari	Rp 110.000	Rp 880,000
2	Pembantu tukang	0,250	org/hari	Rp 70.000	Rp 17.500,000
Pekerjaan Urugan Pasir					
1	pasir urug	106,1	m ³	Rp104.894,00	Rp11.129.067,53
	Tenaga kerja				
1	mandor	0,010	org/hari	Rp 110.000	Rp 1.100,000
2	Pembantu tukang	0,300	org/hari	Rp 70.000	Rp 21.000,000
Pekerjaan Pemasangan Pipa air kotor					
	Bahan				
1	pipa Ø 4 inci	79	lonjor	Rp191.570,00	Rp15.134.030,00
2	pipa Ø 5 inci	14	lonjor	Rp317.465,00	Rp4.444.510,00

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
3	elbow 45° Ø4 inci (isi 15 /box)	12	buah	Rp25.000	Rp25.000
4	Elbow 90° Ø 4 inci (isi 15 /box)	6	buah	Rp20.250	Rp20.250
5	Tee 4 inci (AW)	4	buah	Rp64.110	Rp64.110
6	Tee 5x4 inci (D) 9ISI 6/box)	4	buah	Rp44.150	Rp44.150
7	Cap pipa 4 inci AW (isi 18/box)	7	buah	Rp36.800	Rp36.800
8	Cap pipa 5 inci AW (isi 8/box)	1	buah	Rp63.300	Rp63.300
Tenaga kerja					
1	Mandor	0,004	org/hari	Rp 110.000	Rp 451,000
3	Tukang	0,135	org/hari	Rp 90.000	Rp 12.150,000
4	Pembantu tukang	0,081	org/hari	Rp 70.000	Rp 5.670,000
Jumlah total					Rp31.099.418,53

Sumber: hasil perhitungan

b. RAB pemasangan pipa air kotor menuju AD

Rencana anggaran biaya pemasangan pipa menuju Anaerobic Digester dapat dilihat selengkapnya melalui Tabel 5.45.

Tabel 5. 45 RAB penggalian pipa air limbah menuju AD

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pekerjaan Galian Tanah					
Tenaga kerja					
1	mandor	0,025	org/hari	Rp 110.000	Rp 2.750,000

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
2	Pembantu tukang	0,750	org/hari	Rp 70.000	Rp 52.500,000
Pekerjaan pemindahan tanah					
	Tenaga kerja				
1	mandor	0,010	org/hari	Rp 110.000	Rp 1.100,000
2	Pembantu tukang	0,330	org/hari	Rp 70.000	Rp 23.100,000
Pekerjaan Urugan tanah kembali					
	Tenaga kerja				
1	mandor	0,008	org/hari	Rp 110.000	Rp 880,000
2	Pembantu tukang	0,250	org/hari	Rp 70.000	Rp 17.500,000
Pekerjaan Urugan pasir					
1	Pasir urug	56,6	m ³	Rp104.894,00	Rp5.936.455,88
	Tenaga kerja				
1	mandor	0,010	org/hari	Rp 110.000	Rp 1.100,000
2	Pembantu tukang	0,300	org/hari	Rp 70.000	Rp 21.000,000
Pekerjaan Pemasangan Pipa air kotor					
	Bahan				
1	pipa Ø 4 inci	40	lonjor	Rp191.570,00	Rp7.662.800,00
2	elbow 45° Ø4 inci (isi 15 /box)	8	buah	Rp25.000	Rp25.000
3	Elbow 90°	3	buah	Rp20.250	Rp20.250

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Ø 4 inci (isi 15 /box)				
4	Tee 4 inci (AW)	1	buah	Rp64.110	Rp64.110
5	Cap pipa 4 inci AW (isi 18/box)	3	buah	Rp36.800	Rp36.800
Tenaga kerja					
1	mandor	0,004	org/hari	Rp 110.000	Rp 451,000
2	tukang	0,135	org/hari	Rp 90.000	Rp 12.150,000
3	Pembantu tukang	0,081	org/hari	Rp 70.000	Rp 5.670,000
Jumlah total					Rp13.883.616,88

Sumber: hasil perhitungan

c. RAB *Grease Trap*

Rencana anggaran biaya pembangunan *grease trap* dapat dilihat selengkapnya melalui Tabel 5.46

Tabel 5. 46 RAB Pembangunan grease trap

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pekerjaan Galian Tanah					
1	Mandor	0,025	m ³	Rp110.000	Rp2.750,00
2	Pembantu tukang	0,750	m ³	Rp70.000	Rp52.500,00
Pekerjaan pengangkutan tanah					

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Mandor	0,050	OH	Rp110.000	Rp5.500,00
2	Pembantu tukang	0,520	OH	Rp70.000	Rp36.400,00
	Pekerjaan Lantai kerja beton K-100				
	Bahan material				
1	Semen	3	sak	Rp61.350,00	Rp184.050,00
2	Pasir Cor	0,28	m ³	Rp302.500,00	Rp84.494,73
3	Batu pecah mesin 2/3	0,33	m ³	Rp285.000,00	Rp94.915,56
4	Air	97	L	Rp30,00	Rp2.902,50
	Tenaga kerja				
1	Kepala tukang	0,02	OH	Rp95.000	Rp1.900,00
2	Tukang	0,20	OH	Rp90.000	Rp18.090,00
3	Pembantu tukang	1,21	OH	Rp70.000	Rp84.770,00
	Pekerjaan pondasi beton K-225				
	Bahan material				
1	Semen	5	sak	Rp61.350,00	Rp306.750,00
2	Pasir Cor	0,18	m ³	Rp302.500,00	Rp53.708,88
3	Batu pecah mesin 2/3	0,52	m ³	Rp285.000,00	Rp148.094,44
4	Air	144	L	Rp30,00	Rp4.321,50
	Tenaga kerja				
1	Kepala tukang	0,03	OH	Rp95.000	Rp2.660,00
2	Tukang	0,28	OH	Rp90.000	Rp24.930,00

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
3	Pembantu tukang	1,66	OH	Rp70.000	Rp116.200,00
	Pekerjaan Dinding batu bata (pasangan 1/2 bata)				
	Bahan material				
1	Semen	4	sak	Rp61.350,00	Rp245.400,00
2	Batu bata	1502	buah	Rp671,00	Rp1.007.842,00
3	Pasir pasang	0,96	m ³	Rp173.250,00	Rp166.320,00
	Tenaga kerja				
1	Kepala tukang	0,02	OH	Rp95.000	Rp1.900,00
2	Tukang	0,20	OH	Rp90.000	Rp18.144,00
3	Pembantu tukang	0,61	OH	Rp70.000	Rp42.350,00
	Pekerjaan Plesteran				
	Bahan material				
1	Semen	4	sak	Rp61.350,00	Rp245.400,00
2	Pasir hitam	0,96	m ³	Rp302.500,00	Rp290.400,00
	Tenaga kerja				
1	Kepala tukang	0,02	OH	Rp95.000	Rp1.436,40
2	Tukang	0,15	OH	Rp90.000	Rp13.500,00
3	Pembantu tukang	0,30	OH	Rp70.000	Rp21.140,00
	Pekerjaan pemasangan material pelengkap				
	Bahan material				
1	tutup manhole	2	bh	Rp350.000,00	Rp700.000,00

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
	pelat bordes				
2	Pipa Inlet & Outlet 4 inci	2	bh	Rp191.570,00	Rp383.140,00
3	Pipa Hubung 4 inci	2	bh	Rp191.570,00	Rp383.140,00
4	Tee 4 Inci (isi per box 8)	4	bh	Rp26.085,00	Rp26.085,00
Tenaga kerja					
1	Kepala Tukang	0,014	OH	Rp95.000	Rp1.292,00
2	Tukang	0,136	OH	Rp90.000	Rp12.240,00
3	Pembantu tukang	0,082	OH	Rp70.000	Rp5.719,00
JUMLAH TOTAL					Rp4.790.386,01

Sumber: hasil perhitungan

d. RAB pembangunan ABR-AF

Rencana anggaran biaya pembangunan ABR-AF dapat dilihat selengkapnya melalui Tabel 5.47.

Tabel 5. 47 RAB Pembangunan ABR-AF

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pekerjaan Galian Tanah					
1	Mandor	0,025	m ³	Rp110.000	Rp2.750,00
2	Pembantu tukang	0,750	m ³	Rp70.000	Rp52.500,00
Pekerjaan pengurugan tanah kembali					

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Tenaga kerja				
1	Mandor	0,033	OH	Rp110.000	Rp3.630,00
2	Tukang kayu	0,330	OH		
3	Pembantu tukang	0,660	OH	Rp70.000	Rp46.200,00
	Pekerjaan bekisting Lantai				
	Bahan material				
1	Paku usuk	0,40	kg	Rp20.017	Rp8.006,80
2	Plywood Uk. 122 x 244x9 mm	0,35	lembar	Rp178.924	Rp62.623,40
3	Kayu meranti bekisting	0,04	m ³	Rp7.823.450	Rp312.938,00
4	Kayu meranti balok 4/6	0,02	m ³	Rp5.867.587	Rp88.013,81
5	Minyak bekisting	0,20	L	Rp3.243	Rp648,60
	Tenaga kerja				
1	Kepala tukang	0,03	OH	Rp95.000	Rp3.135,00
2	Tukang kayu	0,33	OH	Rp90.000	Rp29.700,00
3	Pembantu tukang	0,66	OH	Rp70.000	Rp46.200,00
	Pekerjaan bekisting dinding				
	Bahan material				
1	Paku usuk	0,40	kg	Rp20.017	Rp8.006,80
2	Plywood Uk. 120 x 240x4	0,35	lembar	Rp178.924	Rp62.623,40

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
	mm				
3	Kayu meranti bekisting	0,03	m ³	7.823.450,00	Rp234.703,50
4	Kayu meranti balok 5/7	0,02	m ³	5.867.587,00	Rp117.351,74
5	Minyak bekisting	0,20	L	Rp3.243	Rp648,60
	Tenaga kerja				
1	Kepala tukang	0,03	OH	Rp95.000	Rp3.135,00
2	Tukang kayu	0,33	OH	Rp90.000	Rp29.700,00
3	Pembantu tukang	0,66	OH	Rp70.000	Rp46.200,00
	Pekerjaan Lantai Kerja K-100				
	Bahan material				
1	Semen	14	sak	Rp61.350	Rp858.900,00
2	Pasir Cor	2	m ³	Rp302.500	Rp540.766,29
3	Batu pecah mesin 2/3	2	m ³	Rp285.000	Rp607.392,00
4	Air	619	L	Rp30	Rp18.576,00
	Tenaga kerja				
1	Kepala tukang	0,02	OH	Rp95.000	Rp1.900,00
2	Tukang	0,20	OH	Rp90.000	Rp18.090,00
3	Pembantu tukang	1,21	OH	Rp70.000	Rp84.770,00
	Pekerjaan plat alas, dinding, dan plat atas beton K-300				
	Bahan material				

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Semen	301	sak	Rp61.350	Rp18.466.350,00
2	Pasir Cor	18	m ³	Rp302.500	Rp5.356.065,00
3	Batu pecah mesin 2/3	28	m ³	Rp285.000	Rp7.845.817,78
4	Air	7826	L	Rp30	Rp234.780,00
	Tenaga kerja				
1	Mandor	0,02	OH	Rp110.000	Rp2.200,00
2	Tukang	0,28	OH	Rp90.000	Rp24.930,00
3	Pembantu tukang	1,66	OH	Rp70.000	Rp116.200,00
	Pemasangan pipa air kotor dan material pelengkap				
	Bahan material				
1	tutup manhole pelat bordes	6	bh	Rp350.000	Rp2.100.000,00
2	besi 3/4 inci	7	lonjor	Rp298.000	Rp2.086.000,00
2	Pipa Inlet & Outlet 5 inci	2	bh	Rp191.570	Rp383.140,00
3	Pipa Hubung 5 inci	15	bh	Rp191.570	Rp2.873.550,00
4	Tee 5 Inchi (1 iis per box 10)	32	bh	Rp42.220	Rp42.220,00
5	Pipa Vent 60 cm	1	bh	Rp180.000	Rp180.000,00
	Tenaga kerja				

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Kepala Tukang	0,014	OH	Rp110.000	Rp1.496,00
2	Tukang pipa	0,136	OH	Rp90.000	Rp12.240,00
3	Pembantu tukang	0,082	OH	Rp70.000	Rp5.719,00
JUMLAH TOTAL					Rp50.684.726,71

Sumber: hasil perhitungan

e. RAB pembangunan *Anaerobic Digester*

Rencana anggaran biaya Pembangunan *Anaerobic Digester* dapat dilihat selengkapnya melalui Tabel 5.48.

Tabel 5. 48 RAB Pembangunan *Anaerobic Digester*

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Pekerjaan Galian digester				
	Tenaga kerja				
1	Mandor	0,025	OH	Rp110.000	Rp2.750,00
2	Pembantu tukang	0,750	OH	Rp70.000	Rp52.500,00
	Pekerjaan Galian dan Urugan bak inlet				
	Tenaga kerja				
1	Mandor	0,025	OH	Rp110.000	Rp2.750,00
2	Pembantu tukang	0,750	OH	Rp70.000	Rp52.500,00
	Pekerjaan Galian bak outlet				
	Tenaga kerja				

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Mandor	0,025	OH	Rp110.000	Rp2.750,00
2	Pembantu tukang	0,750	OH	Rp70.000	Rp52.500,00
	Pekerjaan betok K-200				
	Bahan material				
1	Semen	117	sak	Rp61.350,00	Rp7.177.950,00
2	Pasir Cor	8,63	m ³	Rp302.500,00	Rp2.609.304,50
3	Batu pecah mesin 2/3	12,62	m ³	Rp285.000,00	Rp3.595.669,78
4	Air	3552	L	Rp30,00	Rp106.554,00
	Tenaga kerja				
1	Mandor	0,06	OH	Rp110.000	Rp6.600,00
2	Kepala tukang	0,02	OH	Rp95.000	Rp1.900,00
3	Tukang batu	0,20	OH	Rp90.000	Rp18.000,00
4	Pembantu tukang	1,20	OH	Rp70.000	Rp84.000,00
	Pekerjaan dinding batu bata				
	Bahan material				
1	Semen	10	sak	Rp61.350,00	Rp613.500,00
2	Batu bata	3422	buah	Rp671,00	Rp2.296.162,00
3	Pasir pasang	2,20	m ³	Rp173.250,00	Rp381.150,00
	Tenaga kerja				
1	Mandor	0,02	OH	Rp110.000	Rp1.650,00
2	Kepala tukang	0,01	OH	Rp95.000	Rp950,00
3	Tukang	0,10	OH	Rp90.000	Rp9.000,00
4	Pekerja	0,32	OH	Rp70.000	Rp22.400,00
	Pekerjaan Plesteran 15 mm				
	Bahan material				
1	Semen	9	sak	Rp61.350,00	Rp552.150,00

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
2	Pasir hitam	2,20	m ³	Rp302.500,00	Rp665.500,00
Tenaga kerja					
1	Mandor	0,01	OH	Rp110.000	Rp1.100,00
2	Kepala tukang	0,02	OH	Rp95.000	Rp1.425,00
3	Tukang	0,15	OH	Rp90.000	Rp13.500,00
4	Pekerja	0,20	OH	Rp70.000	Rp14.000,00
Kebutuhan material pelengkap					
1	Pipa galvanis 3/4 inci	6	lonjor	Rp46.525,00	Rp279.150,00
2	Pipa penguras lumpur galvanis 5 inci	1	lonjor	Rp950.000,00	Rp950.000,00
3	elbow galvanis 3/4 inci	3	buah	Rp8.900,00	Rp26.700,00
4	Besi plat bordes 120 cm x 240 cm inci tebal 3 mm	1	buah	Rp1.005.700,00	Rp1.005.700,00
Tenaga kerja					
1	mandor	0,004	org/hari	Rp 110.000	Rp 451,000
3	tukang	0,135	org/hari	Rp 90.000	Rp 12.150,000
4	Pembantu tukang	0,081	org/hari	Rp 70.000	Rp 5.670,000
JUMLAH TOTAL					Rp20.618.036,28

Sumber: hasil perhitungan

f. RAB pembangunan sumur pengumpul

Rencana anggaran biaya pemasangan pipa menuju ABR-AF dapat dilihat selengkapnya melalui Tabel 5.49.

Tabel 5. 49 RAB Sumur pengumpul

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
Pekerjaan Galian					
Tenaga kerja					
1	Mandor	0,025	OH	Rp110.000	Rp2.750,00
2	Pembantu tukang	0,750	OH	Rp70.000	Rp52.500,00
Pekerjaan bekisting Lantai					
Bahan material					
1	Paku usuk	0,40	kg	Rp20.017	Rp8.006,80
2	Plywood Uk. 122 x 244x9 mm	0,35	lembar	Rp178.924	Rp62.623,40
3	Kayu meranti bekisting	0,04	m ³	Rp7.823.450	Rp312.938,00
4	Kayu meranti balok 4/6	0,02	m ³	Rp5.867.587	Rp88.013,81
5	Minyak bekisting	0,20	L	Rp3.243	Rp648,60
Tenaga kerja					
1	Kepala tukang	0,03	OH	Rp95.000	Rp3.135,00
2	Tukang kayu	0,33	OH	Rp90.000	Rp29.700,00
3	Pembantu tukang	0,66	OH	Rp70.000	Rp46.200,00
Pekerjaan bekisting dinding					
Bahan material					
1	Paku usuk	0,40	kg	Rp20.017	Rp8.006,80

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
2	Plywood Uk. 120 x 240x4 mm	0,35	lembar	Rp178.924	Rp62.623,40
3	Kayu meranti bekisting	0,03	m ³	7.823.450,00	Rp234.703,50
4	Kayu meranti balok 5/7	0,02	m ³	5.867.587,00	Rp117.351,74
5	Minyak bekisting	0,20	L	Rp3.243	Rp648,60
Tenaga kerja					
1	Kepala tukang	0,03	OH	Rp95.000	Rp3.135,00
2	Tukang kayu	0,33	OH	Rp90.000	Rp29.700,00
3	Pembantu tukang	0,66	OH	Rp70.000	Rp46.200,00
Pekerjaan betok K-100					
Bahan material					
1	Semen	1	sak	Rp61.350,00	Rp61.350,00
2	Pasir Cor	0,10	m ³	Rp302.500,00	Rp31.732,25
3	Batu pecah mesin 2/3	0,13	m ³	Rp285.000,00	Rp35.641,89
4	Air	36	L	Rp30,00	Rp1.089,00
Tenaga kerja					
1	Mandor	0,06	OH	Rp59.250	Rp3.555,00
2	Kepala tukang	0,02	OH	Rp50.250	Rp1.005,00
3	Tukang batu	0,20	OH	Rp47.250	Rp9.450,00
4	Pekerja	1,20	OH	Rp39.000	Rp46.800,00
Pekerjaan betok K-200					

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Bahan material				
1	Semen	7	sak	Rp61.350,00	Rp429.450,00
2	Pasir Cor	0,49	m ³	Rp139.600,00	Rp68.812,83
3	Batu pecah mesin 2/3	0,72	m ³	Rp204.000,00	Rp147.076,44
4	Air	203	L	Rp30,00	Rp6.090,00
	Tenaga kerja				
1	Mandor	0,06	OH	Rp59.250	Rp3.555,00
2	Kepala tukang	0,02	OH	Rp50.250	Rp1.005,00
3	Tukang batu	0,20	OH	Rp47.250	Rp9.450,00
4	Pekerja	1,20	OH	Rp39.000	Rp46.800,00
JUMLAH TOTAL					Rp2.011.747,06

Sumber: hasil perhitungan

g. RAB pembangunan perangkat pemanenan air hujan

Rencana anggaran biaya pembangunan perangkat pemanenan air hujan dapat dilihat selengkapnya melalui Tabel 5.50.

Tabel 5. 50 RAB Pembangunan Perangkat Pemanenan Air Hujan

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
	Pekerjaan pemasangan Pipa Talang Air Hujan				
	Bahan				
1	Talang Datar setengah lingkaran Ø 6 inci PVC	66	lonjor	Rp 87.000	Rp 5.742.000
2	Talang Datar setengah lingkaran Ø 8	48	lonjor	Rp 130.000	Rp 6.240.000

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
	inci PVC				
	Tenaga kerja				
1	Tukang	0,14	OH	Rp110.000	Rp14.960,00
2	Pembantu tukang	0,08	OH	Rp70.000	Rp5.600,00
	Pekerjaan Lain-lain (Asesoris Pipa Lainnya)				
	Bahan				
1	Penutup Talang Persegi	4	buah	Rp35.000	Rp140.000
2	Penggantung talang	24	buah	Rp29.000	Rp696.000
3	Spacer	24	buah	Rp18.000	Rp432.000
4	corong talang	2	buah	Rp85.000	Rp170.000
5	belokan talang (outside gutter angle)	4	buah	Rp160.000,00	Rp640.000
6	bend 90° Ø 3/4 inci (isi 145 per box)	4	buah	Rp1.620,00	Rp1.620,00
	Tenaga kerja				
1	Tukang	0,06	OH	Rp110.000	Rp6.600,00
2	Pembantu tukang	0,04	OH	Rp70.000	Rp2.520,00
	Pekerjaan tandon				
	Bahan				
1	Tandon stainless steel kapasitas	2	buah	Rp1.948.000,00	Rp3.896.000

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
	1200 L				
2	Pipa inlet tandon PVC Ø 3/4 inci	1	lonjor	Rp19.455,00	Rp19.455
3	Pipa overflow tandon PVC Ø 3/4 inci	1	lonjor	Rp19.455,00	Rp19.455
4	Kerangka besi penahan tandon	20	lonjor	Rp145.000,00	Rp2.900.000
5	Besi plat bordes 120 cm x 240 cm inci tebal 3 mm	2	buah	Rp1.005.700,00	Rp2.011.400
	Tenaga kerja				
1	Tukang	0,14	OH	Rp110.000	Rp14.960,00
2	Pembantu tukang	0,08	OH	Rp70.000	Rp5.600,00
	Pekerjaan filter				
	Bahan				
1	Media kerikil	0,066	m ³	Rp150.967,00	Rp150.967,00
2	Media antrasit	69	kg	Rp6.000,00	Rp414.000,00
3	Media pasir	151	kg	Rp11.518,00	Rp1.739.218,00
4	Alat desinfeksi UV 22 watt	2	unit	Rp4.101.385,00	Rp8.202.770,00
5	Pipa PVC putih Ø 16 inci	1	lonjor	Rp1.484.700,00	Rp1.484.700,00
6	Pipa PVC	2	lonjor	Rp15.825,00	Rp31.650,00

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Harga
	putih Ø 1 inci				
7	Cap pipa 16 inci	4	buah	Rp282.000,00	Rp1.128.000,00
	Pekerjaan pengadaan alat desinfeksi				
1	Alat desinfeksi UV VIQUA	1,000	buah	Rp2.768.900	Rp2.768.900,00
JUMLAH TOTAL					Rp38.878.375

Sumber: hasil perhitungan

h. RAB pembangunan manhole

Rencana anggaran biaya pengadaan manhole dapat dilihat selengkapnya melalui Tabel 5.51.

Tabel 5. 51 RAB pengadaan manhole

No	Uraian pekerjaan	satuan	jumlah	harga satuan	Total harga
	Pekerjaan beton manhole				
	Bahan				
1	Buis beton (80 x 100)	cm x cm	33	Rp 272.250,00	Rp 8.984.250,00
2	tutup manhole plat besi cast iron (80x80)	cm x cm	33	Rp 800.000,00	Rp 26.400.000,00
3	Semen	Sak	66	Rp 61.350	Rp 4.049.100,00
4	Pasir Cor	m ³	0,9	Rp 139.600	Rp 123.765,37
5	Batu pecah mesin 2/3	m ³	7,1	Rp 204.000	Rp 1.446.456,71
6	Air	L	1987,1	Rp 30	Rp 59.613,00
	Tenaga kerja				
1	Mandor	0,08	OH	Rp59.250	Rp 4.917,75
2	Kepala tukang	0,03	OH	Rp50.250	Rp1.407,00

No	Uraian pekerjaan	satuan	jumlah	harga satuan	Total harga
3	Tukang batu	0,28	OH	Rp47.250	Rp12.993,75
4	Pekerja	1,65	OH	Rp39.000	Rp64.350,00
	Pekerjaan beton manhole				
	Pekerjaan Dinding batu bata (pasangan 1/2 bata)				
	Bahan material				
1	Semen	3	sak	Rp61.350,00	Rp184.050,00
2	Batu bata	1	buah	Rp600,00	Rp432,00
3	Pasir pasang	0,72	m ³	Rp132.000,00	Rp95.040,00
	Tenaga kerja				
1	Mandor	0,02	OH	Rp59.250	Rp888,75
2	Kepala tukang	0,01	OH	Rp50.250	Rp502,50
3	Tukang	0,10	OH	Rp47.250	Rp4.725,00
4	Pekerja	0,32	OH	Rp39.000	Rp12.480,00
	Pekerjaan Plesteran				
	Bahan material				
1	Semen	3	sak	Rp61.350,00	Rp184.050,00
2	Pasir hitam	0,73	m ³	Rp127.000,00	Rp92.710,00
	Tenaga kerja				
1	Mandor	0,01	OH	Rp59.250	Rp592,50
2	Kepala tukang	0,02	OH	Rp50.250	Rp753,75
3	Tukang	0,15	OH	Rp47.250	Rp7.087,50
4	Pekerja	0,20	OH	Rp39.000	Rp7.800,00
	Pekerjaan Lain-lain				
	Bahan material				
1	Kebutuhan tangga	lonjor	10	Rp 298.000,00	Rp 2.980.000,00

No	Uraian pekerjaan	satuan	jumlah	harga satuan	Total harga
	inspeksi vertikal 3/4 inci				
	Tenaga kerja				
2	Kepala tukang	0,02	OH	Rp50.250	Rp753,75
3	Tukang	0,15	OH	Rp47.250	Rp7.087,50
4	Pekerja	0,20	OH	Rp39.000	Rp7.800,00
Total					Rp 44.717.965,58

Sumber: hasil perhitungan

i. RAB pengadaan pompa

Pompa air kotor yang digunakan merupakan pompa air kotor jenis sbmersible. Pompa yang digunakan sebanyak 1 buah dengan harga Rp 3.010.000,

j. Total RAB seluruh pekerjaan

Total anggaran dari keseluruhan pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.52

Tabel 5. 52 Total RAB

No	Uraian Pekerjaan	Harga
1	Pemasangan komponen pemanenan air hujan	Rp38.878.375
2	Pemasangan perpipaan air limbah ABR-AF	Rp31.076.585
3	Pemasangan perpipaan air limbah Anaerobic digester	Rp13.883.617
4	Pembangunan Grease Trap	Rp4.790.386
5	Pembangunan Anaerobic Baffle Reactor	Rp50.684.727
6	Pembangunan Anaerobic Digester	Rp20.618.036

No	Uraian Pekerjaan	Harga
7	Pembangunan sumur pengumpul	Rp2.011.747
8	Pembangunan manhole	Rp44.717.966
9	Pembelian pompa air limbah	Rp3.010.000
10	Sewa dump truck	Rp2.227.737
JUMLAH TOTAL		Rp211.899.175

Sumber: hasil perhitungan

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari pembahasan dan hasil yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yang dapat memberikan manfaat bagi Lembaga Pemasyarakatan Wanita Kelas IIA Malang. Berikut beberapa kesimpulan:

1. Prasarana air bersih

- Kapasitas air bersih yang tersedia dapat memenuhi kebutuhan air bersih penghuni lapas, namun biaya penggunaan air cukup besar yaitu mencapai Rp 12.150.000,-
- Sistem pemanenan air hujan dipasang pada musholla dan pada blok I dimana terdapat keran wudhu umum yang sering digunakan untuk berwudhu sebelum shalat berjamaah.
- Rangkaian pemanenan air hujan terdiri atas reservoir dengan diameter 0,95 meter dan tinggi 1,315 meter, filter air sederhana dual media, dan desinfeksi UV
- Pemanfaatan pemanenan air hujan dapat menghemat biaya pengeluaran air bersih per bulan hingga Rp 486.000,- dengan persen penghematan sebesar 4%.
- Total biaya yang dikeluarkan untuk perangkat pemanenan air hujan adalah sebesar Rp38.878.375,00

2. Limbah *Blackwater*

- Kapasitas tangki septik kurang memadai bila dilakukan pengurasan selama 4 tahun sekali, sehingga timbul bau yang mengganggu penghuni lapas
- Tidak semua tangki septik memiliki pipa vent.
- Limbah blackwater pada blok IV dan V diolah dalam digester, dikarenakan kurangnya lahan apabila seluruh limbah blackwater diolah dalam digester

- Digester yang digunakan merupakan tipe fixed dome dengan diameter 4,7 meter dan kedalaman total 2 meter dengan total biaya Rp 20.618.036
- Digester menghasilkan biogas dengan volume 1,9576 m³/hari, dengan penghematan pembelian LPG sebesar 7,7%. Total biaya pembelian LPG yang dihemat dalam 1 bulan sebesar Rp 538,625,00 sedangkan biaya yang dihemat selama 1 tahun sebesar Rp 6.463.500,00
- Total biaya yang dikeluarkan untuk pekerjaan penyaluran limbah *blackwater* adalah sebesar Rp 70.499.246,00 yang meliputi pemasangan pipa air kotor, pembangunan *Anaerobic digester*, pembangunan sumur pengumpul, kebutuhan manhole serta kebutuhan pompa

3. Limbah Greywater

- Pada perencanaan ini pengolahan *greywater* digabung dengan limbah *blackwater* blok I, II, dan III dikarenakan kurangnya lahan apabila seluruh limbah *blackwater* diolah dalam digester
- Instalasi Pengolah limbah *greywater* dan sebagian limbah *blackwater* yang digunakan adalah rangkaian Grease trap dengan dimensi P x L x H total 3,45 x 1,3 x 1,6 dan ABR-AF dengan dimensi P x L x H total adalah sebesar 12,54 m x 2,3m x 4,3 m
- Effluen dari pengolahan ABR dan AF ini yaitu
COD out= 50 mg/L
BOD out= 24,23 mg/L
- Total biaya yang dikeluarkan untuk pekerjaan penyaluran limbah *blackwater* adalah sebesar Rp 102.571.554,00 yang meliputi pemasangan pipa air kotor, pembangunan ABR-AF dan grease trap, dan pembangunan manhole

6.2 Saran

Dari pembahasan dan hasil yang telah dilakukan, maka ada beberapa saran yang dapat diberikan kepada pengelola lapas adalah:

1. Melakukan koordinasi antara Pengelola Lapas dengan warga binaan agar untuk menjaga dan merawat IPAL agar tidak cepat rusak.
2. Melakukan pengurusan Anaerobic Digester selama setahun sekali
3. Melakukan perawatan dan pengecekan pada filter air hujan secara rutin untuk menghindari terjadinya kerusakan

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ajit, K. 2016. "A Review on Grey Water Treatment and Reuse". **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, Vol 3 Issue 5. e-ISSN: 2395 - 0056 Volume: 03 Issue: 05 | p-ISSN: 2395-0072.
- Andriani, D., Wreataa, A., Saepudina, A., Prawaraa, B. 2015. "A Review Of Recycling Of Human Excreta To Energy Through Biogas Generation: Indonesia Case". **Energy Procedia**, **68**: **219-225**.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.03.250>
- Angkasa. 2010. "Over Capacity Narapidana di Lapas, Faktor Penyebab, Implikasi Negatif, serta Solusi Dalam Upaya Optimalisasi Pembinaan Narapidana". **Jurnal Dinamika Hukum**, **10 (3):213-221**.
- Anonim, 2017, **Standar Harga Satuan Pokok Pekerjaan (HSPK) Kota Malang Tahun 2017**. Malang: Pemerintah Kota Malang.
- Agustiawan dan Hadi, A. 2017. "Efisiensi Rancang Bangun Keran Wudhu Otomatis Hemat Air." Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 9 ISSN (Printed) : 2579-7271.
- Arredondo, S.B., Gonzales, A., Moro, E.S., Beynon, F., Figueroa, L.J., Glez, C .J. C., Gras, N., Madero, J. S., Ridaura, R. L., Volkow, P., Bertozzi, S.M. 2015. "A Cross-Sectional Study of Prisoners in Mexico City Comparin g Prevalence of Transmissible Infections and Chronic Diseases with That in the General Population". **Plos One**, **10 (7)**.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131718>
- Atalia, K.R., Buhai, D.M., Bhavsar K.A, Shah, N.K. 2015. "A Review on Composting of Municipal Solid Waste". **IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)**, Volume 9, Issue 5 Ver. I: PP 20-29. DOI: 10.9790/2402-09512029

- Bakar, K.A., Sam, M.F.M., Tahir, M.N.H., Rajaini, I., Muslan, N. 2011. Green Technology Compliance In Malaysia For Sustainable Business Development. **Journal Of Global Management**, Volume 2(1).
- Budaya, R.A. 2013. Realita Prinsip Dasar Pemasyarakatan Dalam Pembinaan Narapidana Wanita yang Sedang Hamil dan Pasca Melahirkan di Lapas (Studi Di Lapas Kelas II A Wanita Malang). Malang: Fakultas Hukum, Universitas Brawijaya Malang
- Cahyonugroho Okik Hendriyanto. 2010. "Pengaruh Intensitas Sinar Ultraviolet Dan Pengadukan Terhadap Reduksi Jumlah Bakteri E.Coli". Progdil Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Catharina, A., Suswati, S.P, dan Wibisono, G. 2013. Pengolahan Limbah Domestik Dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands). **Indonesian Green Technology Journal**, 2(2). E-ISSN.2338-1787.
- Chong, J., Abey Suriya, K., Hidayat, L., Willettsa, J. 2016. "Strengthening Local Governance Arrangements For Sanitation: Case Studies Of Small Cities In Indonesia". **Aquatic Procedia**, 6: 64 – 73. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2016.06.008>
- Colón, J., A. Aaron., Stokes, F., Deshusses, M. A. 2015. "Anaerobic Digestion Of Undiluted Simulant Human Excreta For Sanitation". **Energy for Sustainable Development**, 29: 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2015.09.005>
- Crites, R dan Tchobanoglous, G. 1998. **Small and Decentralized Wastewater Management Systems : Wetlands and Aquatic Treatment**. Singapore : McGraw-Gill Book.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2013. **Municipal Solid Waste**. U.S. Environmental Protection Agency.
- Fair, G. M. dan Geyer, J. C., 1954. **Water Supply and Wastewater Disposal**. New York: John Wiley and Son.
- Fauzi, M., Rinaldi, Handayani, F.Y. 2012. Pemilihan Distribusi Frekuensi Hujan Harian Maksimum Tahunan Pada Wilayah Sungai Akuaman Provinsi Sumatera Barat.

- Jurnal Sains dan Teknologi**, 11 (1): 18-24 ISSN 1412-6257 18.
- Febrianto, E.Y dan Priyono, S, 2012. "Studi Pemanfaatan Feses (Kotoran Manusia) sebagai Bahan Baku Alternatif Energi Terbarukan." **TELAAH: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi**, 30 (1): 19-24. ISSN : 0125-912119
- Gao, A., Tiana, Z., Wanga, Z., Wennerstena, R., Suna, Q. 2016. "Comparison Between The Technologies For Food Waste Treatment". **Energy Procedia**, 105: 3915 – 3921. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.811>
- Hassan, R., Majid, F., Rahman, M.A. 2015. "The Potential of Implementing Food Waste Composting At Source Using Biosense Scheme". **Natural and Social Sciences (IMPACT: IJRANSS)** Vol. 3, Issue 4: 55-6
- Horváth, I. S., Tabatabaei, M., Karimi, K., Kumar, R. 2016. "Recent Updates On Biogas Production - A Review." **Biofuel Research Journal** 10: 394-402.
- Idris-Nda A., Aliyu H.K, dan Dalil M. 2013. "The Challenges Of Domestic Wastewater Management In Nigeria: A Case Study Of Minna, Central Nigeria". **International Journal of Development and Sustainability Online**, 2 (2): 1169-1182. ISSN: 2168-8662. .
- Jing, X., Zhang, S., Zhang, J., Wang, Y, Wang, Y. 2017. "Assessing Efficiency And Economic Viability Of Rainwater Harvesting Systemsfor Meeting Non-Potable Water Demands In Four Climatic Zones Of China". **Resources, Conservation & Recycling**, 126: 74–85. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.027>
- Johannis, Jermias dan Hermana, Joni. 2009. "Strategi Pengelolaan Prasarana Air Limbah Domestik Permukiman di Kota Kupang. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah 2009." ISBN 978-979-18342-1-6.
- Julius, J.R., Prabhavathy, R.A., Ravikumar, G. 2013. "Rainwater Harvesting (RWH) - A Review". **International Journal of Innovative Research and Development**, 2(5): 925-937.

- Kerdsuwan, S., Laohalidanond, K., Jangsawang, W. 2015. "Sustainable Development and Eco-friendly Waste Disposal Technology for the Local Community". **Journal of Energy**, Vol. 79 : 119-124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.493>
- Khaerudin, D.N., Proborini, W.D. Pnadulu, E.D. 2013. "Efisiensi Pembangunan Penampungan Air Hujan (Pah) Terhadap Pemanfaatan Air Komersil Dan Drainase Pada Rumah Toko, Apartemen, dan Gedung di Kota Malang". **Eco Rekayasa**, 9 (2).
- Lambe, J.S dan Chougule, R.S. 2010. "Greywater - Treatment and Reuse IOSR" **Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)**. ISSN: 2278-1684, PP: 20-26.
- Laskria, N dan Nedjah, N. 2015. "Comparative Study for Biogas Production from Different Wastes". **International Journal of Bio-Science and Bio-Technology**, 7 (4): 39-46. <http://dx.doi.org/10.14257/ijbsbt.2015.7.4.05>
- Masruroh, Lailatul. 2013. Analisis Curah Hujan Harian Maksimum Dan Ekstrim Di Kabupaten Bogor. Departemen Geofisika Dan Meteorologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Matsakas, L., Gao Q., Jannson, S., Rova, U., Christakopoulos. 2017. "Green Conversion Of Municipal Solid Wastes Into Fuels And Chemicals". **Electronic Journal of Biotechnology**, 26: 69-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejbt.2017.01.004>
- Metcalf and Eddy, Inc. 2003. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse**. 3rd Edition. McGraw-Hill, Inc., Singapore.
- Miswary, T. 2017. **Evaluasi Sistem Plambing, Instalasi Pengolahan Air Limbah dan Pengelolaan Sampah di Rumah Susun Gunungsari Kota Surabaya**. Surabaya: Departemen Teknik Lingkungan, FTSLK, ITS.
- Moertinah, Sri. 2010. "Kajian Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Organik

- Tinggi". **Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri**, 1 (2).
- Monica, D dan Soedjono, E.S. 2014 **Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Sistem Komunal Berbasis Masyarakat (Studi Kasus Kelurahan Putat, Kecamatan Tanggulangin-Sidoarjo)**. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Morey, A., Dhurve, B., Haste, V., Wasnik, B. 2016. RAIN WATER HARVESTING SYSTEM. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* Volume: 03 Issue: 04. e-ISSN: 2395 -0056
- Mulyana, Y., Purnaini, R., Sitorus, B. 2013. **Pengolahan Limbah Cair Domestik untuk Penggunaan Ulang (Water Reuse)**. Pontianak: Teknik Lingkungan, Universitas Tanjungpura.
- Munyaneza, J., Wakeel, M., Chen, B. 2016. "Overview of Rwanda energy sector: From energy shortage to sufficiency". **Energy Procedia**, 104: 215-220
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.037>
- Novotny, V. and H. Olem. 1994. Water Quality, Prevention, Identification, and management of diffuse Pollution. Van Nostrans Reinhold, New York.
- Nazharia, Cyntia., Sri Marhati. 2013. Perhitungan Pembiayaan Pemanenan Air Hujan sebagai system penyediaan air bersih dalam berbagai skala di Kelurahan Sukajadi, Kota Dumai. Magister Perencanaan Wilayah dan Kota B SAPPK ITB V2NI.
- Noerbambang, S.M dan Morimura T. 2000. **Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing**. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Parag,S.D dan Gawande, S. 2015. "Solid Waste Management- A Review". **International Journal of Current Research**, Vol. 7, Issue, 05 : 16019-16024.
- Peprah,K., Amoah,S.T., Achana, G.T.W. 2015. "Assessing '3Rs' Model in Relation to Municipal Solid Waste Management in Wa, Ghana". **World Environment**, 5(3): 112-120. [DOI:10.5923/j.env.20150503.03](https://doi.org/10.5923/j.env.20150503.03)

- Pratiwi, R.S dan Purwanti, I.F. 2015. "Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik di Kelurahan Keputih". **Jurnal Teknik ITS**. 4, (1).ISSN 2337-3539.
- Rakkito, D dan Surya. 2010. "Penyisihan E.Coli Air Sumur Menggunakan Radiasi Sinar Ultra Violet." **Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan** Vol.7 No.2
- Richard, G.F, dkk. 1980. **Appropriate for Water Supply and Sanitation, Transportation, Water and Telecommunication**. Department of The World Bank.
- Riski,N,.A.2010.Perencanaan Ulang Sistem Plambing Dan Pengolahan Air Buangan Mx Mall Kota Malang.Surabaya: ITS
- Said, N.I. 2007. "Disinfeksi Untuk Proses Pengolahan Air Minum". Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT. **JAI**, Vol.3, No.1.
- Sanusi, A. 2016. "Aspek Layanan Kesehatan Bagi Warga Binaan Pemasyarakatan Dan Tahanan Di Lapas Dan Rumah Tahanan Negara". **Jurnal Ilmiah Kebijakan Hukum**, 10 (1): 37-56.
- Sarathai, Y., Koottatep, T., Morel, A. 2010. "Hydraulic Characteristics Of An Anaerobic Baffled Reactor As Onsite Wastewater Treatment System". **Journal of Environmental Sciences**, 22 (9): 1319–1326.
[https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60257-6](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60257-6)
- Sasse, L. 1998. **DEWATS; Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries**. Delhi: BORDA
- Setiawan, Y., Mutaqien A.Y., Qomariyah, S. 2015. "Analisis Dimensi Tanki PAH guna Pemanfaatan Air Hujan sebagai Sumber Air Cadangan untuk Bangunan Hotel (Studi Kasus: AwanaCondotel Yogyakarta)." **e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL**.
- Siswanto, B.A.P dan Purwanti, I. 2016. **Perencanaan Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Sebagai Instalasi Pengolahan Greywater di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya**. Simposium I Jaringan Perguruan Tinggi untuk Pembangunan Infrastruktur Indonesia
- SNI 03-2398-2002: Tata Cara Perencanaan Tangki Septik dengan Sistem Resapan. Jakarta
- Starina, Haribowo, dan Prayogo. 2015. **Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT)**

- Supiturang Kota Malang.** Malang: Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya
- Suoth, A, E dan Nazir, E. 2016. "Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (Grey Water) Pada Salah Satu Perumahan Menengah Keatas Yang Berada di Tangerang Selatan." **Ecolab** 10 (2): 47 – 102
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta : Andi Offset.
- Susilowati dan Sadad, I. 2015. Analisa Karakteristik Curah Hujan Di Kota Bandar Lampung. **Jurnal Konstruksi**, 7 (1).
- Tangahu, B.V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A. 2001. "Pengelolaan Limbah Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (*Typha angustifolia*) dalam Sistem *Constructed Wetland*. **Jurnal Purifikasi**, 2(3).
- Taufikurrahman. 2011. "Rancangan Desain Pemilihan Reaktor Biogas". **Teknika**, XXX (1). ISSN: 0854-3143
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S.1993. **Integrated Solid Waste Management**. New York: Mc Graw Hill Company.
- Tjasyono BKH. 2004. Meteorologi Terapan. ITB Bandung.
- USAID. 2006. Wetland Protection and Enhancement through Sanctuaries in Bangladesh. International Resousces Group
- Untari, T dan Kusnadi, J. 2015. "Pemanfaatan Air Hujan Sebagai Air Layak Konsumsi Di Kota Malang Dengan Metode Modifikasi Filtrasi Sederhana". **Jurnal Pangan dan Agroindustri** 3 (4):.1492-1502,
- Wardahni, E.K. 2012. **Perencanaan Biodigester Tinja Manusia dan Kotoran Ternak Skala Komunal Rumah Tangga di Kecamatan Ngancar, Kabupaten Kediri**. Surabaya: Departemen Teknik Lingkungan, ITS .
- Widodo, T. W., Asari, A., N. Ana., R. Elita. 2006 "Rekayasa Dan Pengujian Reaktor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak (Design And Development Of Biogas Reactor For Farmer Group Scale)". **Jurnal Enjiniring Pertanian**, 4 (1): 41-52.

- Wiyono, N., Faturrahman, A., Syaughiah, I. 2017. "Sistem Pengolahan Air Minum Sederhana (Portable Water Treatment)." **Konversi**, Volume 6 No. 1.
- Wokekoro, E dan Inyang. 2014. "Waste Disposal Practices in Informal Settlements and its Impact on Health: The Case of Port Harcourt, Nigeria". **International Journal of Environmental Science and Toxicology Research**, 2 (2) : 36-42
- Wongthanate, J., Mapracha, N., Prapagdee, B., dan Arunlertaree, C. 2014. Efficiency of Modified Grease Trap for Domestic Wastewater Treatment. **The Journal of Industrial Technology**. Vol. 10. pp : 2557-2569. Jakarta : Pradnya Paramita
- Wulanasarie, R. 2012. "Sinergi Teknologi Ozon Dan Sinar Uv Dalam Penyediaan Air Minum Sebagai Terobosan Dalam Pencegahan Penyakit Infeksi Diare Di Indonesia." Fakultas teknik dept. Teknik kimia.
- Xu, F., Li, Y., Ge, X., Yang, L., Li, Y. 2017. "Anaerobic Digestion Of Food Waste – Challenges And Opportunities". **Bioresource Technology** xxx (xxxx) xxx–xxx. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.020>
- Yulistyorini, A. 2011. Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Pengelolaan Sumber Daya Air Di Perkotaan. **Teknologi Dan Kejuruan**, 34 (1) : 105–11

LAMPIRAN A (Daftar Harga Bahan Dan Upah)

I Harga bahan bangunan

No	BAHAN BANGUNAN	SATUAN		HARGA	KETERANGAN
1	Pasir Urug	1 m ³	m ³	145.000	<i>Tanah dan Pasir</i>
2	Pasir Pasang	1 m ³	m ³	173.250	
3	Pasir Hitam	1 m ³	m ³	302.500	
4	Pasir Cor	1 m ³	m ³	302.500	
5	Pasir Silika	1 Kg	Kg	14.300	
6	Tanah Urug	1 m ³	m ³	105.500	
7	Batu pecah mesin 2/3	1 m ³	m ³	-	
8	Batu Bata Merah	Buah	Kelas 1	671,00	
9	Buis Beton Ø 0.80 m	1 m ¹	m ¹	272.250	
10	Kayu MERANTI_Papan	M ³	(2x20) cm	7.823.450,00	
11	Kayu MERANTI_Uruk	M ³	5/7 cm	5.867.587,00	
12	Minyak bekisting	1 ltr	ltr	3300	
13	Paku Usuk	Kg		20.017	
14	Pipa PVC tipe AW Ø 4 " sekualitas	6 m	m	191.570,00	

No	BAHAN BANGUNAN	SATUAN		HARGA	KETERANGAN
	Maspion				
15	Pipa PVC tipe AW Ø 5 " seksualitas Maspion	6 m	m	317.465,00	

Sumber: HSPK Kota Malang, 2017

II. Upah Pekerja

URAIAN	SATUAN	UPAH	KETERANGAN
Mandor	Org/hr	110.000	
Kepala Tukang Batu	Org/hr	95.000	
Kepala Tukang Kayu	Org/hr	95.000	
Kepala Tukang Besi	Org/hr	95.000	
Kepala Tukang Cat	Org/hr	95.000	
Kepala Tukang Listrik	Org/hr	95.000	
Tukang Batu	Org/hr	90.000	
Tukang Kayu	Org/hr	90.000	
Tukang Besi/Baja	Org/hr	90.000	
Tukang Cat	Org/hr	90.000	
Tukang Listrik	Org/hr	90.000	
Tukang Pipa	Org/hr	90.000	
Tukang Plitur	Org/hr	90.000	
Tukang Taman	Org/hr	90.000	
Tukang Aspal	Org/hr	85.000	
Pembantu Tukang	Org/hr	70.000	
Pekerja Biasa	Org/hr	70.000	

URAIAN	SATUAN	UPAH	KETERANGAN
Penjaga Malam	Org/hr	70.000	
Sopir	Org/hr	80.000	
Operator	Org/hr	75.000	
Mekanik	Org/hr	75.000	
Pembantu Sopir	Org/hr	70.000	
Pembantu Operator	Org/hr	70.000	
Pembantu Mekanik	Org/hr	70.000	
Juru Ukur	Org/hr	160.000	
Engineer dan Crew	Ls	550.000	
Tenaga Ahli Geolistrik	Org/hr	750.000	
Tenaga Ahli Geofisika	Or / hr	750.000	

Sumber: HSPK Kota Malang, 2017

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN B (Gambar perencanaan)

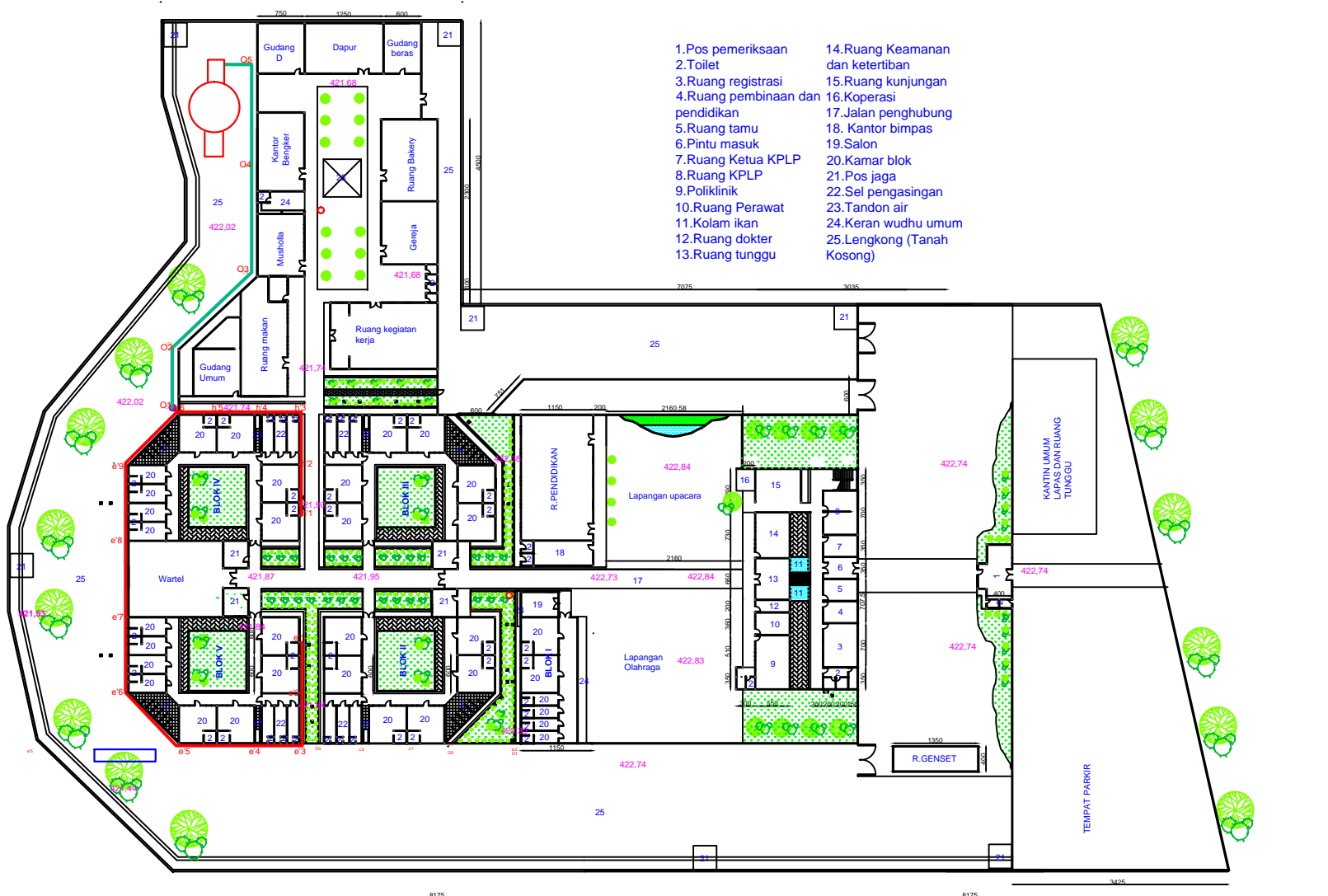


BIOGRAFI PENULIS

Penulis dengan nama lengkap Novia Astika Hadi Mulyono dilahirkan di Malang tanggal 15 November 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada di SMPN 8 Malang pada tahun 2008-2011, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 10 Malang (Sampoerna Academy) Malang dari tahun 2011-2014. Penulis

kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS, Surabaya pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 03211440000004.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan HMTL. Penulis aktif sebagai pengurus organisasi di HMTL sebagai Sekretaris Departemen Riset dan Teknologi dan staff multimedia Persekutuan Doa Teknik Lingkungan. Prestasi yang pernah diraih penulis salah satunya adalah mendapatkan pendanaan dari DIKTI pada Program Kreatifitas Mahasiswa Bidang Penelitian Eksakta (PKM-PE) dan bidang Karsa Cipta (PKM-KC) pada tahun usulan 2015. Berbagai pelatihan dan seminar juga telah diikuti dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email apradhitastika@gmail.com.



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2017

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI PRASARANA
SANITASI DI LAPAS WANITA KELAS II
A KOTA MALANG

JUDUL GAMBAR

SPAL Anaerobic digester

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

- Lokasi AD
 - Pipa sekunder BW
 - Pipa primer BW

ARAH MATA ANGIN



SKALA GAMBAR

1 : 1000

NOMOR GAMBAR

3



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

DENAH DAN POTONGAN A-A ABR-AF

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

- = Lumpur
- = Muka Tanah
- = Media filter

ARAH MATA ANGIN

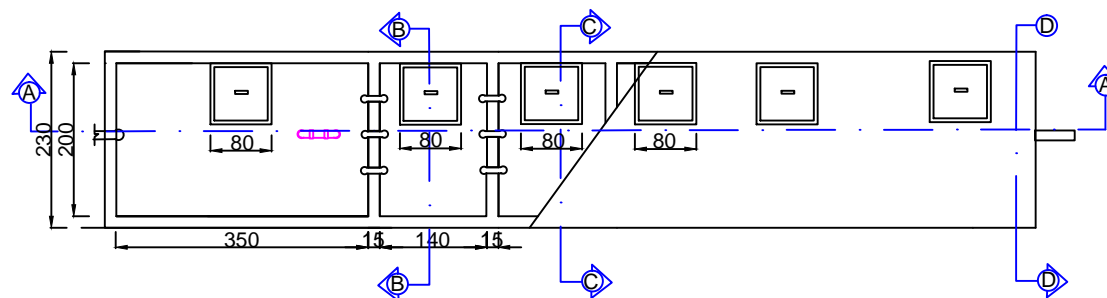


SKALA GAMBAR

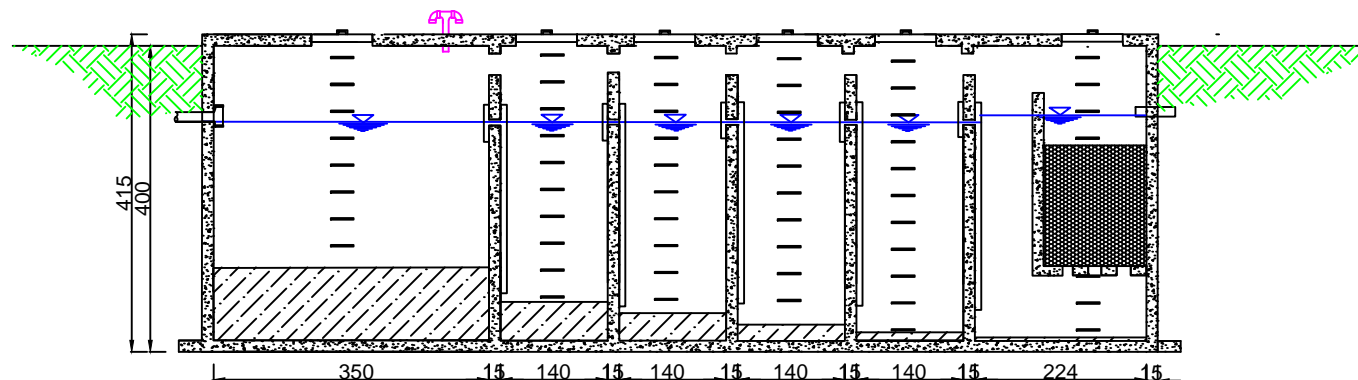
1 : 100

NOMOR GAMBAR

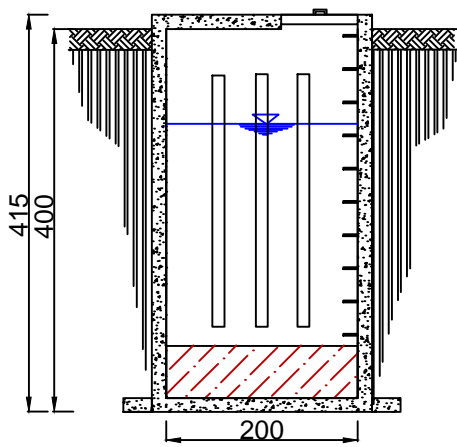
4



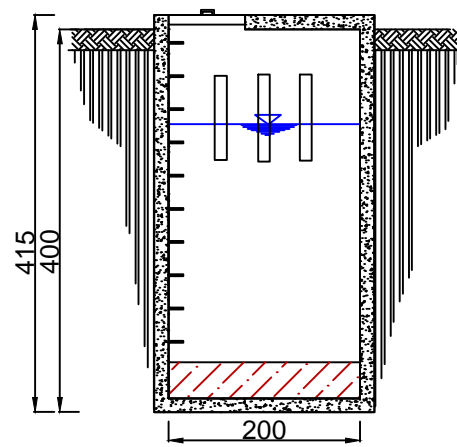
DENAH ABR-AF



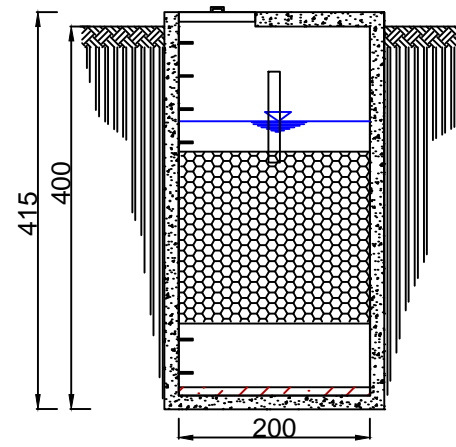
POTONGAN A-A ABR-AF



POTONGAN B-B



POTONGAN C-C



POTONGAN D-D



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

POTONGAN ABR-AF



MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Lumpur
 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

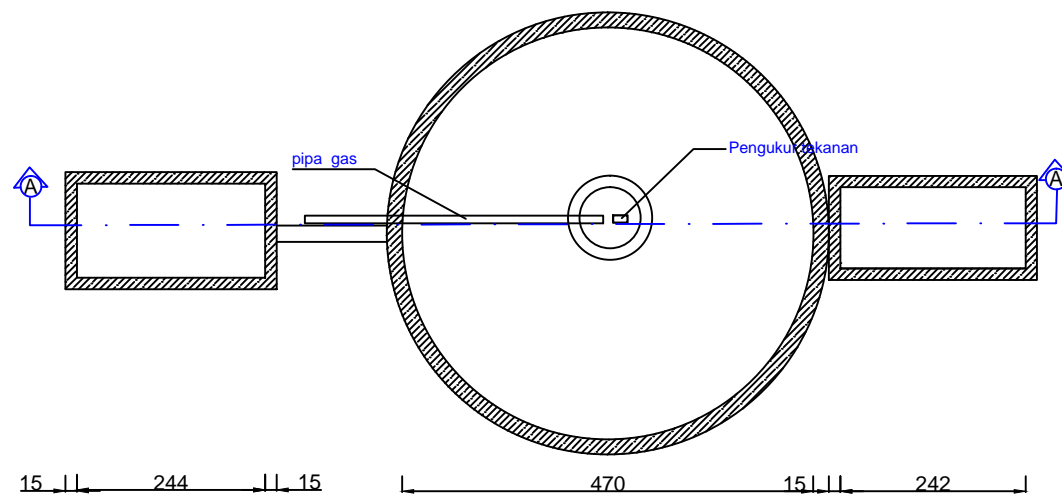


SKALA GAMBAR

1 : 100

NOMOR GAMBAR

5



DENAH ANAEROBIC DIGESTER



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

DENAH DAN POTONGAN A-A ABR-AF


MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Bata

ARAH MATA ANGIN



SKALA GAMBAR

1 : 100

NOMOR GAMBAR

6



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

2018
JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A ANAEROBIC
DIGESTER





MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

-  = Lumpur
-  = Beton
-  = Pasangan Batu bata
-  = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

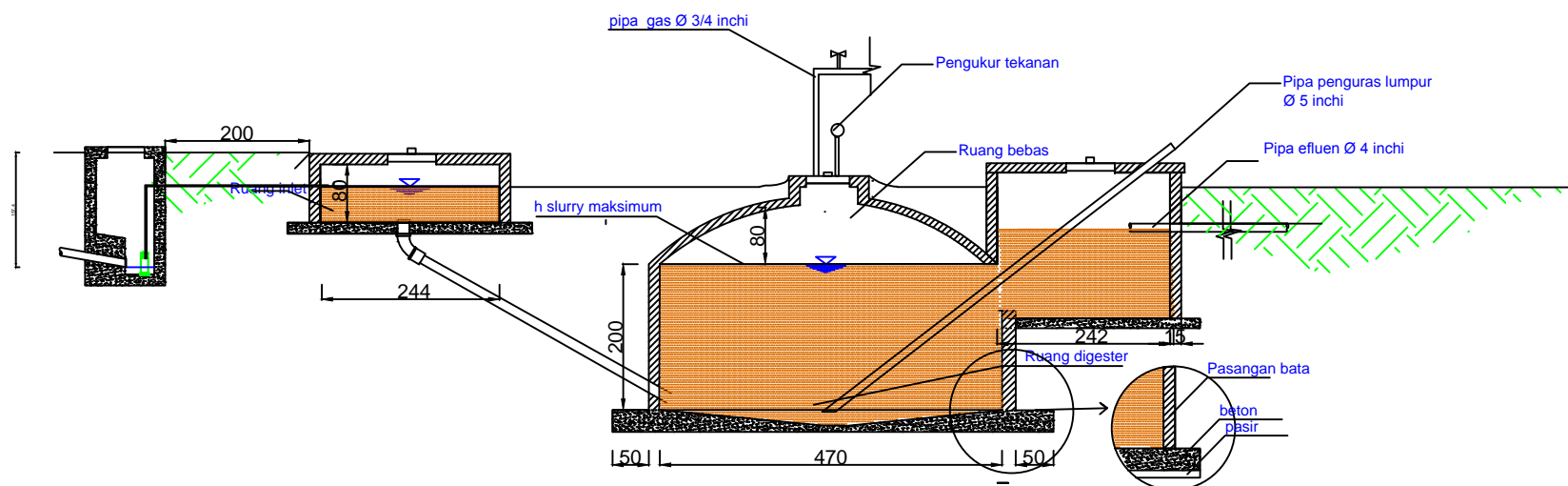


SKALA GAMBAR

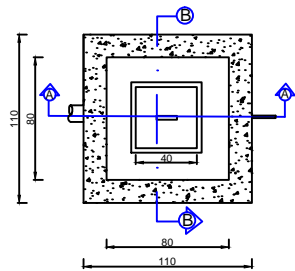
1 : 100

NOMOR GAMBAR

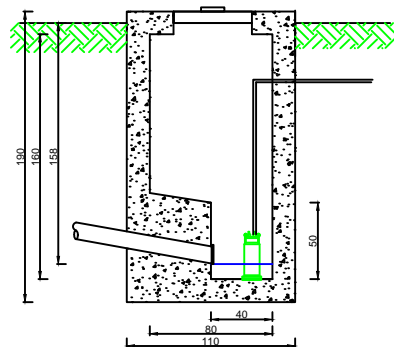
7



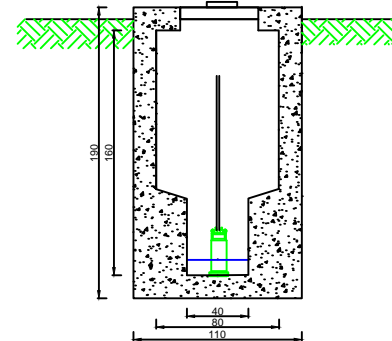
POTONGAN A-A ANAEROBIC DIGESTER



DENAH SUMUR
PENGUMPUL



POTONGAN A-A



POTONGAN B-B



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANI TA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

DENAH GREASE TRAP DAN POTONGAN
A-A GREASE TRAP



MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Beton
 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

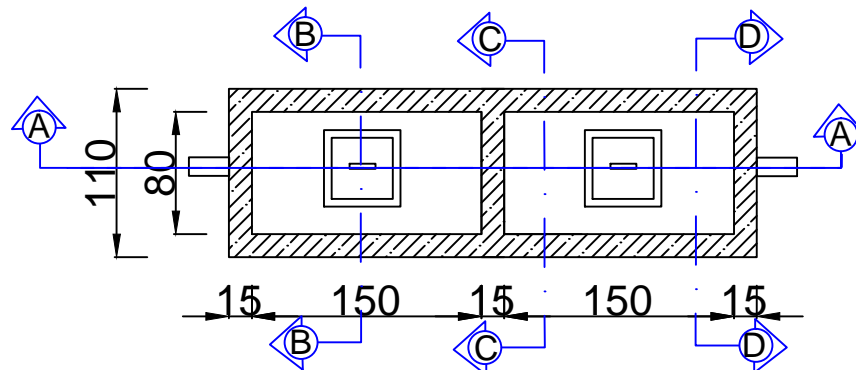


SKALA GAMBAR

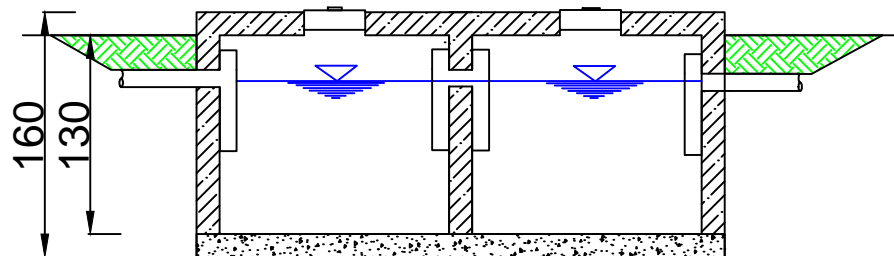
1 : 50

NOMOR GAMBAR

8



DENAH
GREASE TRAP



POTONGAN A-A



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

DENAH GREASE TRAP DAN POTONGAN
A-A GREASE TRAP



MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Beton
 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

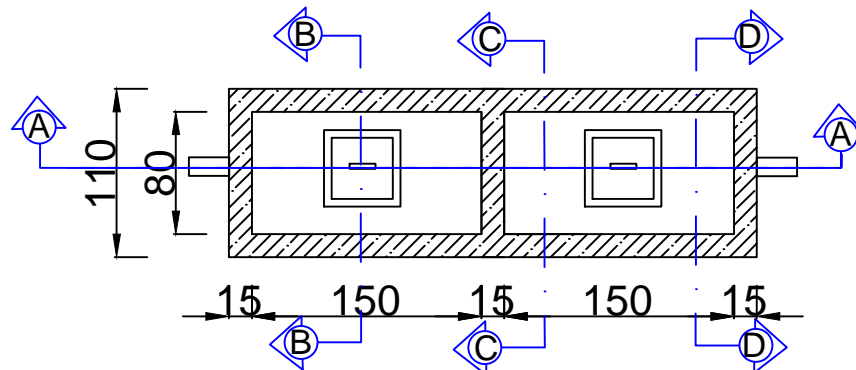


SKALA GAMBAR

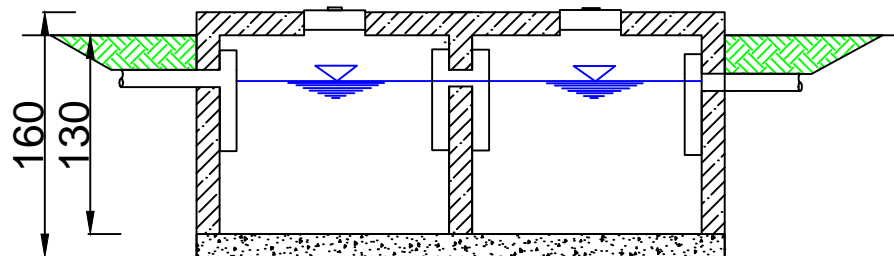
1 : 100

NOMOR GAMBAR

9



DENAH
GREASE TRAP



POTONGAN A-A



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

DENAH GREASE TRAP DAN POTONGAN
A-A GREASE TRAP



MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Beton
 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

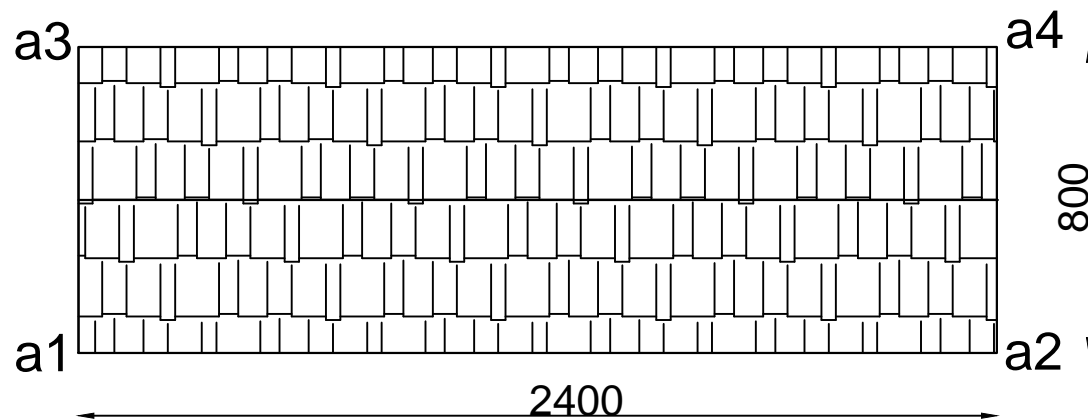


SKALA GAMBAR

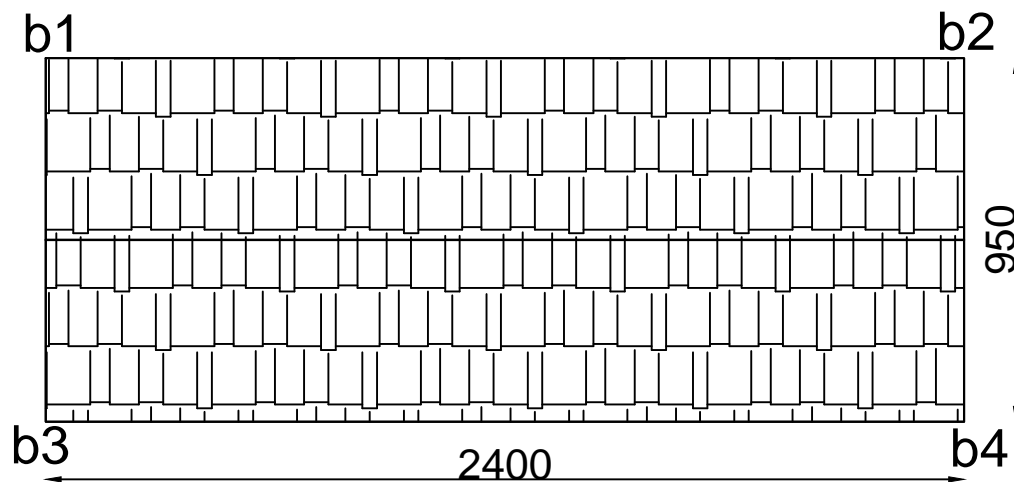
1 : 100

NOMOR GAMBAR

10



Denah atap blok I



Denah atap Musholla



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

DENAH ATAP SISTEM PEMANENAN AIR
HUJAN


MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Atap

ARAH MATA ANGIN

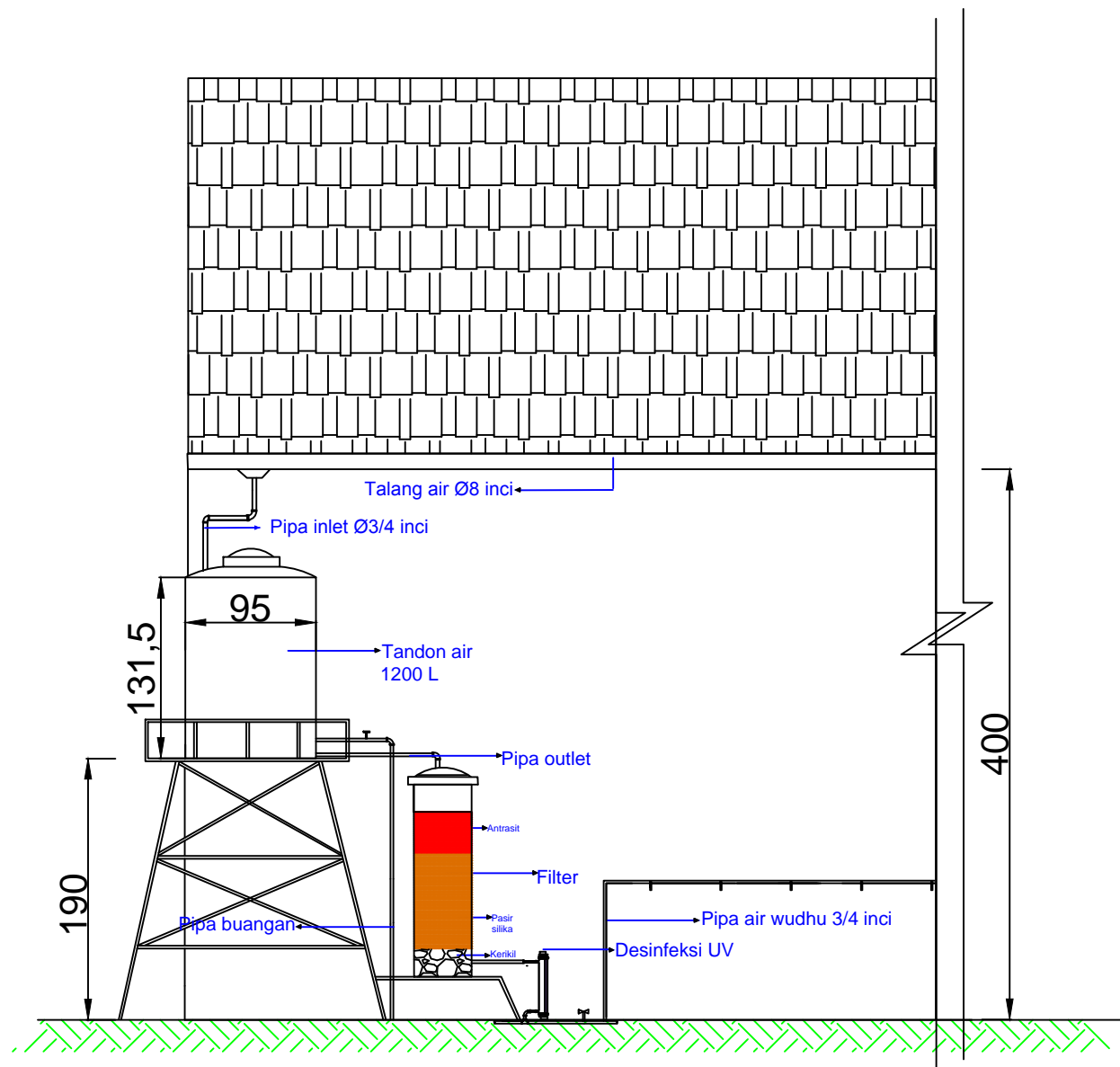


SKALA GAMBAR

1 : 200

NOMOR GAMBAR

11



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

SISTEM PEMANENAN AIR HUJAN

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

- = Atap
- = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

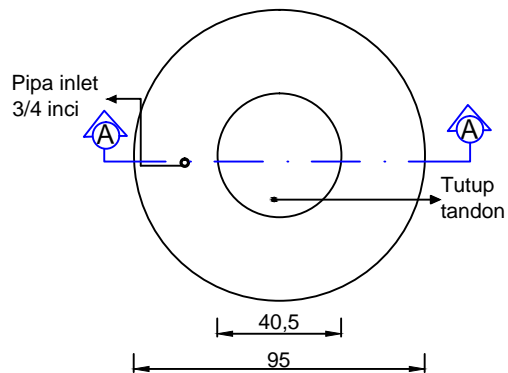


SKALA GAMBAR

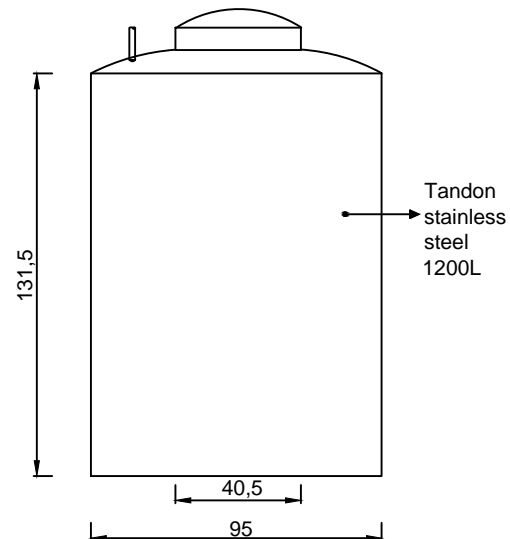
1 : 50

NOMOR GAMBAR

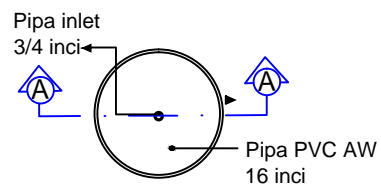
12



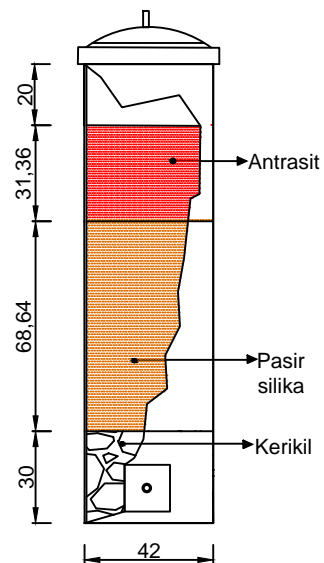
Denah Tandon



Potongan A-A Tandon



Denah Filter



Potongan A-A Filter air



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PERANGKAT PEMANENAN AIR HUJAN

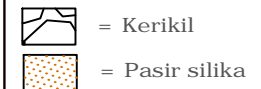
MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA



ARAH MATA ANGIN

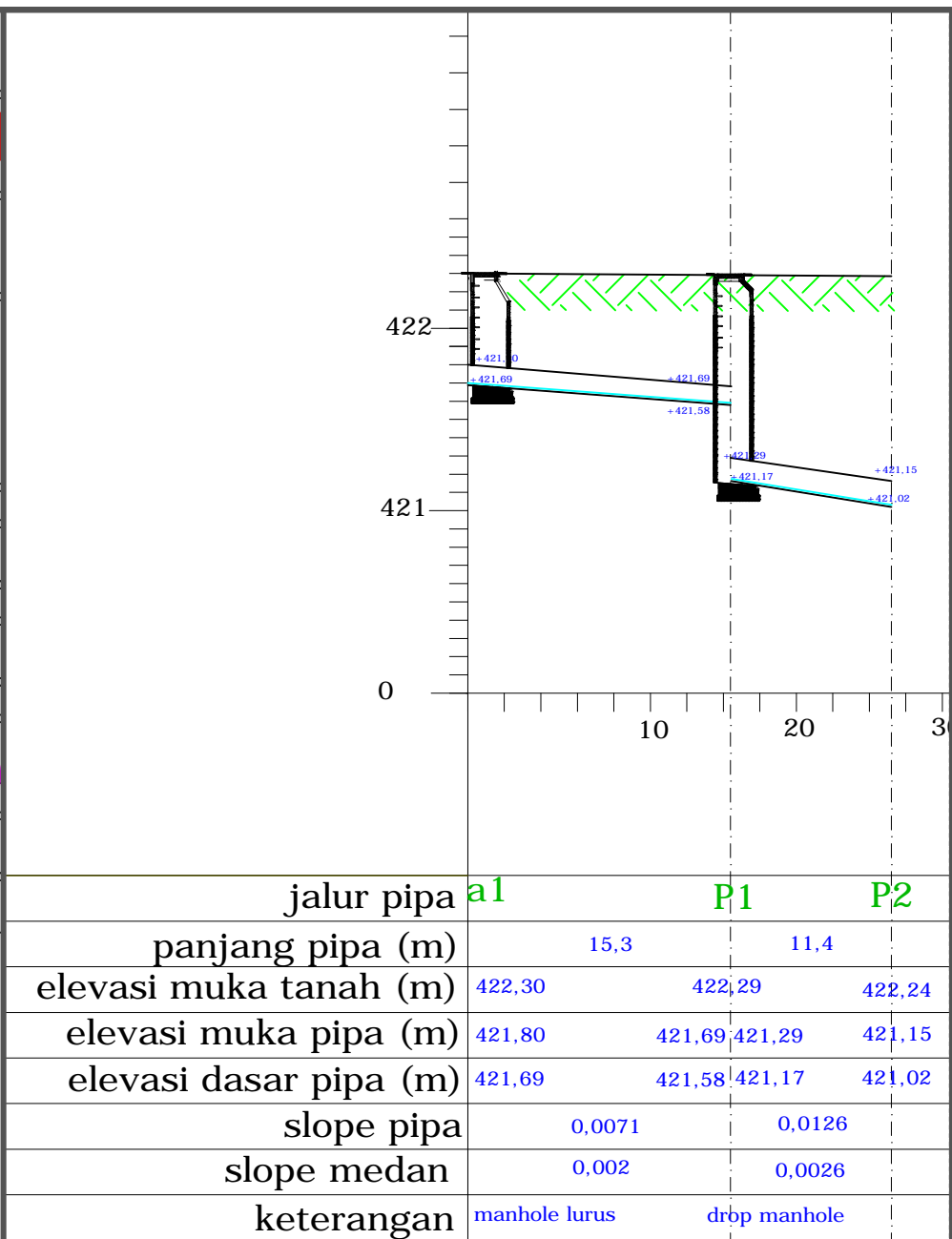
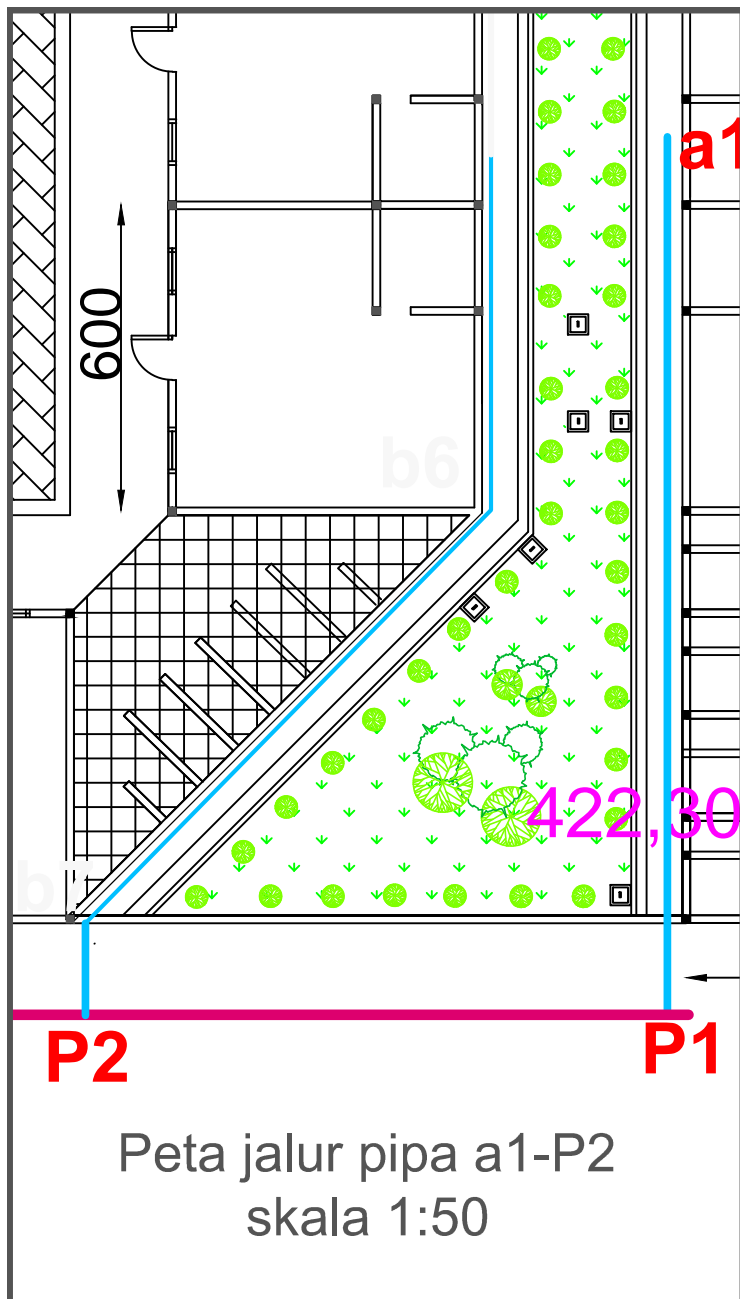


SKALA GAMBAR

1 : 25

NOMOR GAMBAR

13



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS a1-P2

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

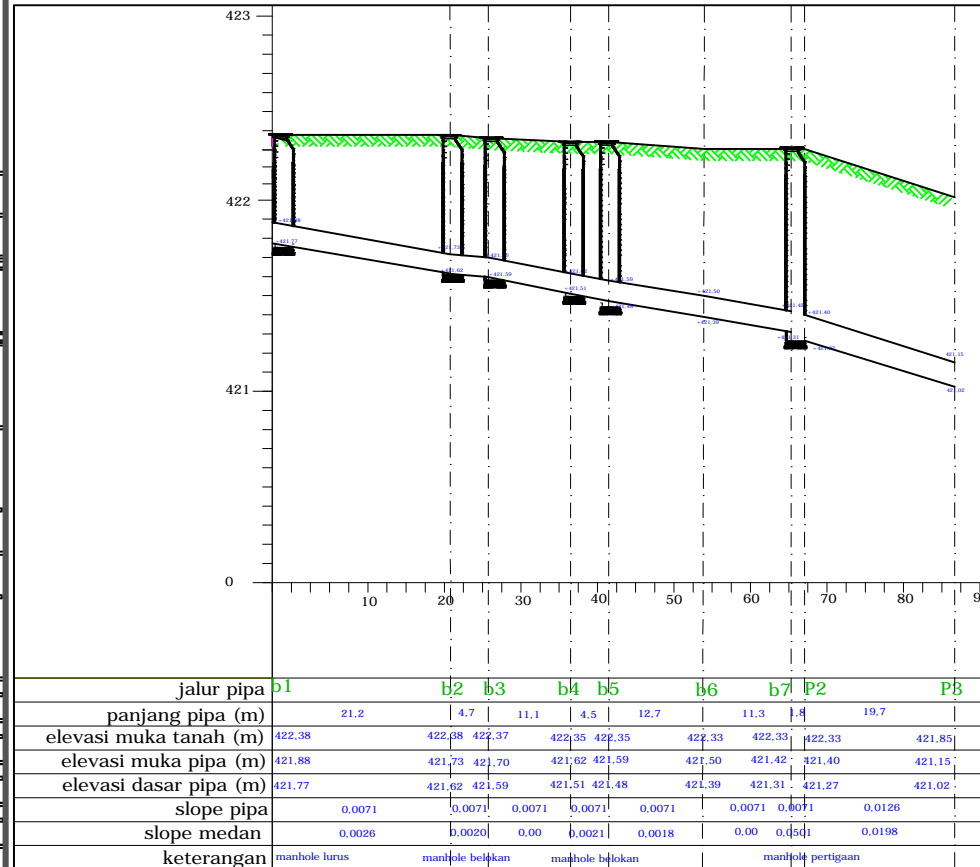
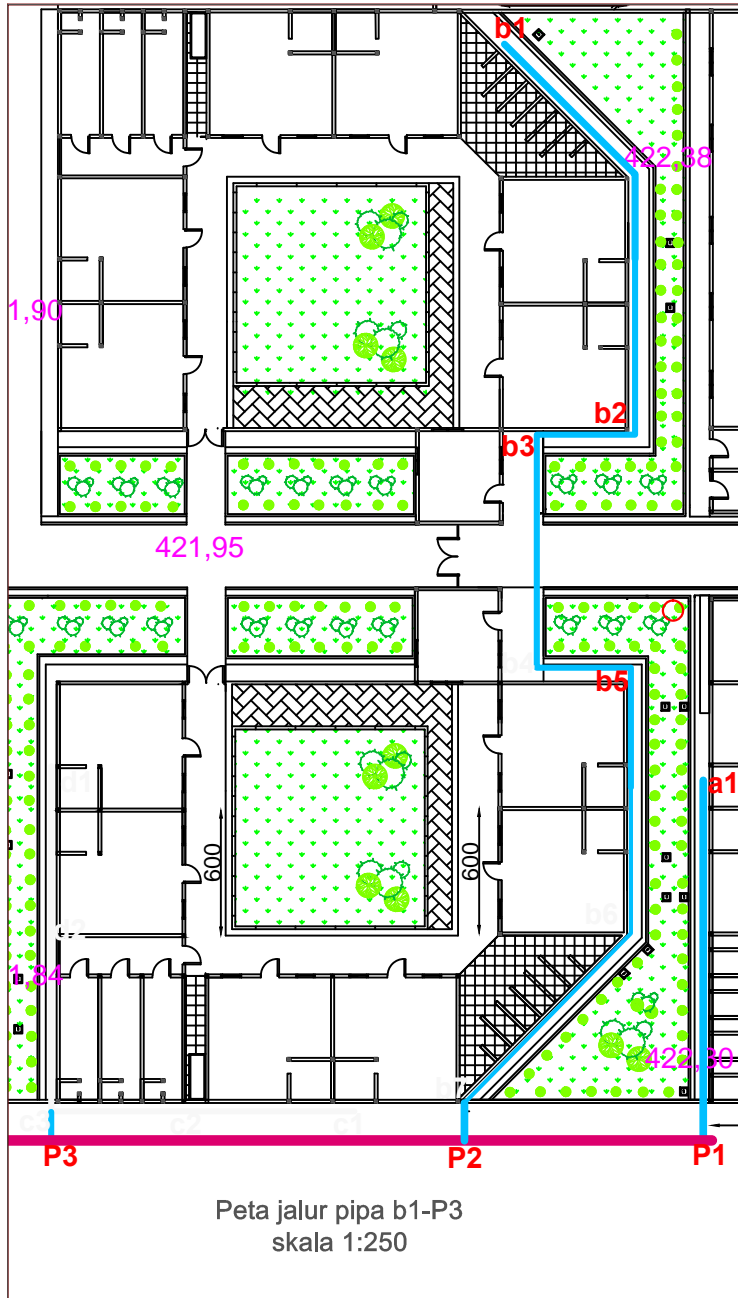


SKALA GAMBAR

1 : 100

NOMOR GAMBAR

14



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS b1-P3

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
03211440000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN



SKALA GAMBAR

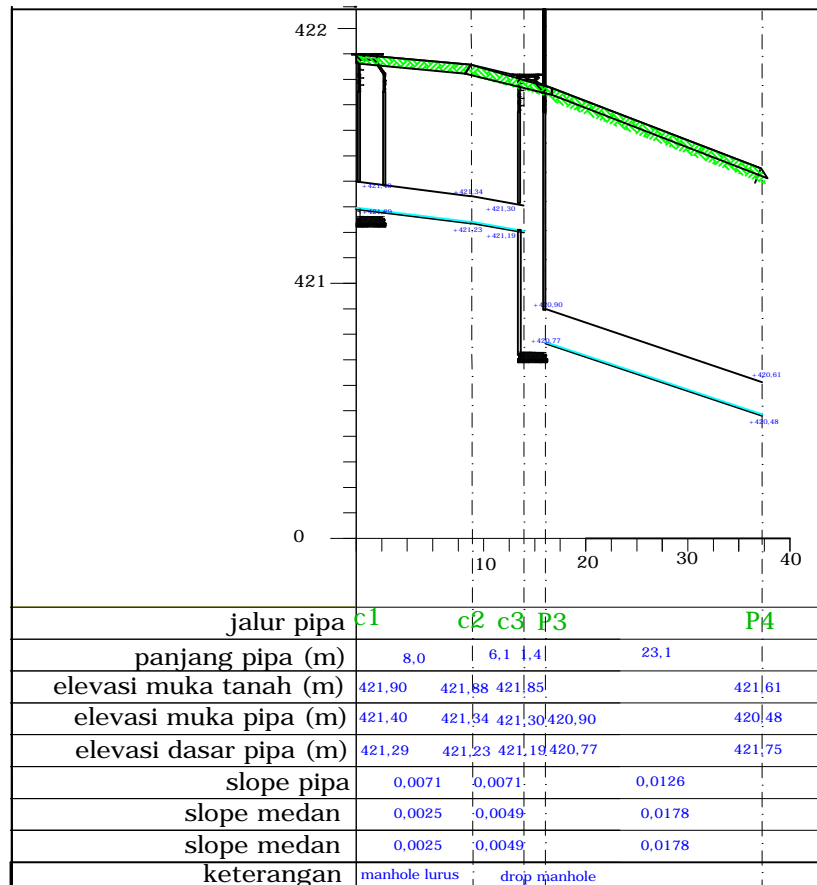
1 : 200

NOMOR GAMBAR

15



Saluran c1-P4



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS c1-P4

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

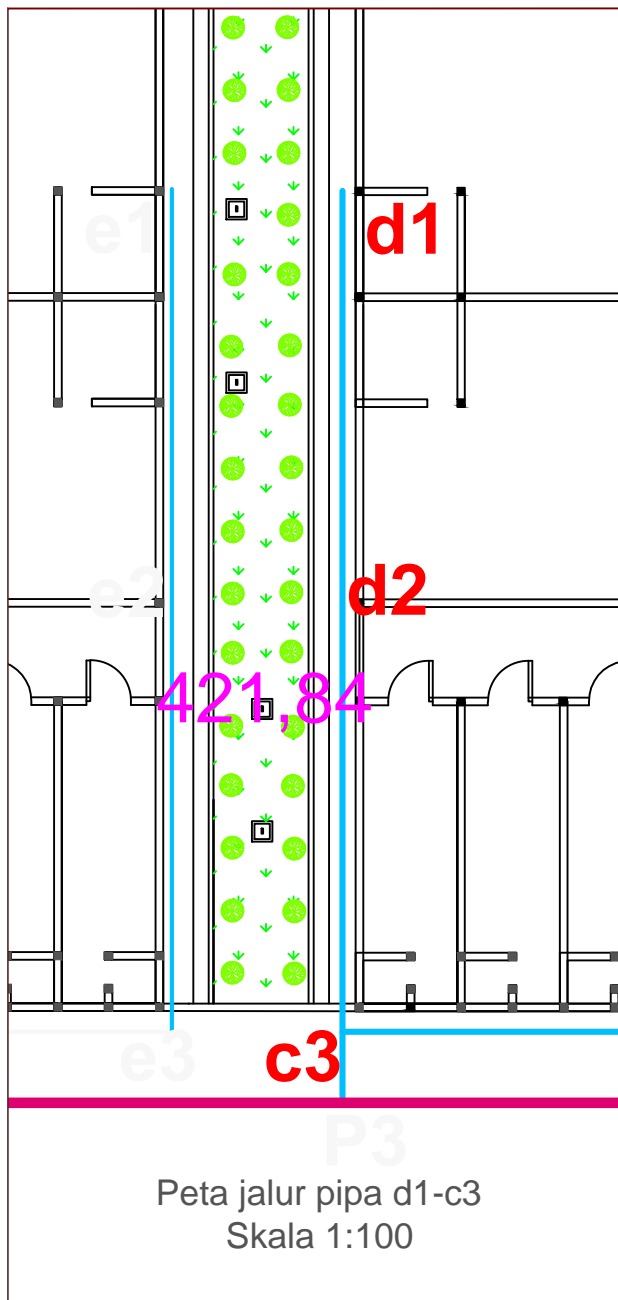


SKALA GAMBAR

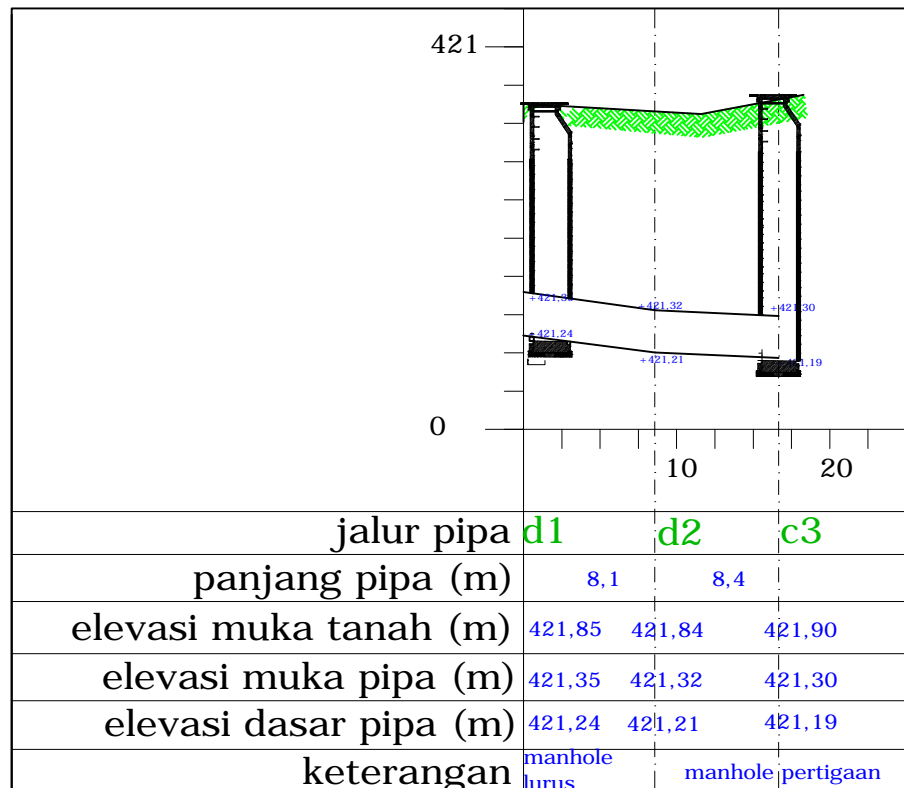
1 : 150

NOMOR GAMBAR

16



Saluran d1 ke c3



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

2018
JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS d1-c3

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
03211440000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

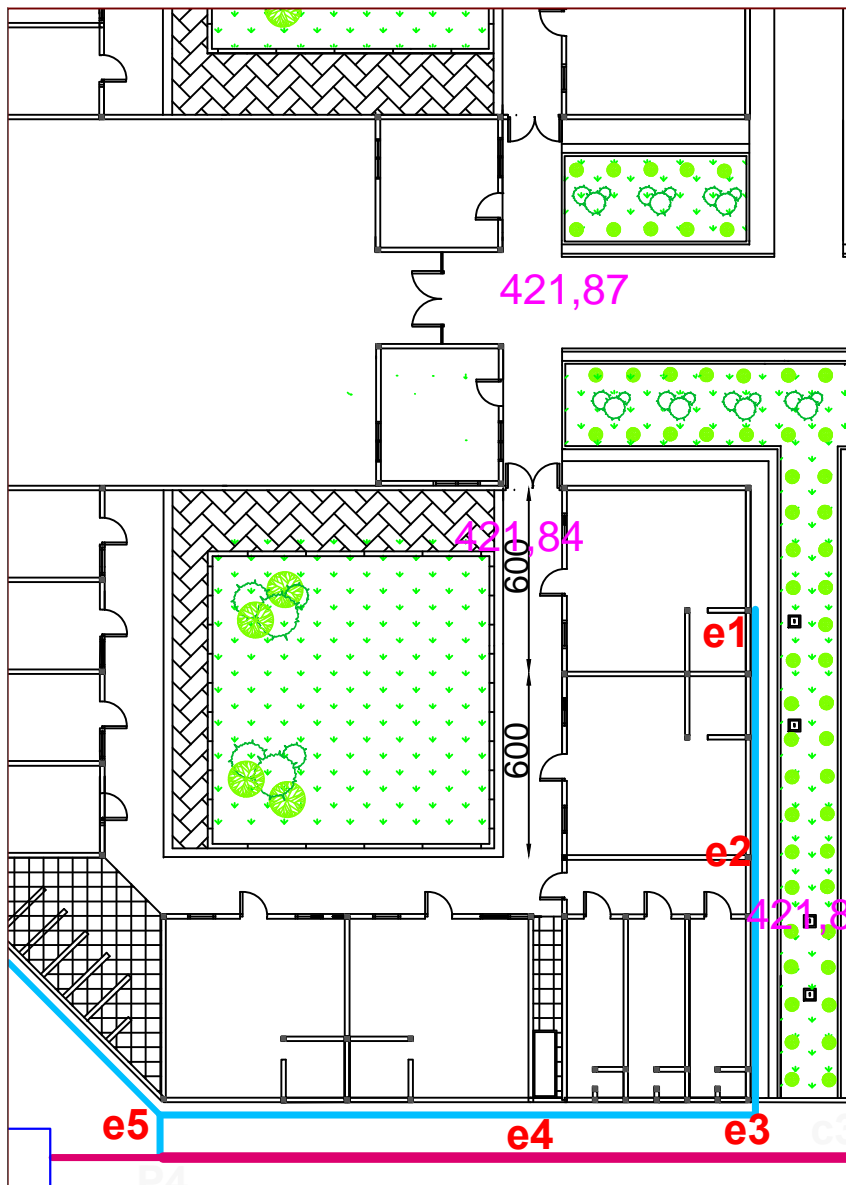


SKALA GAMBAR

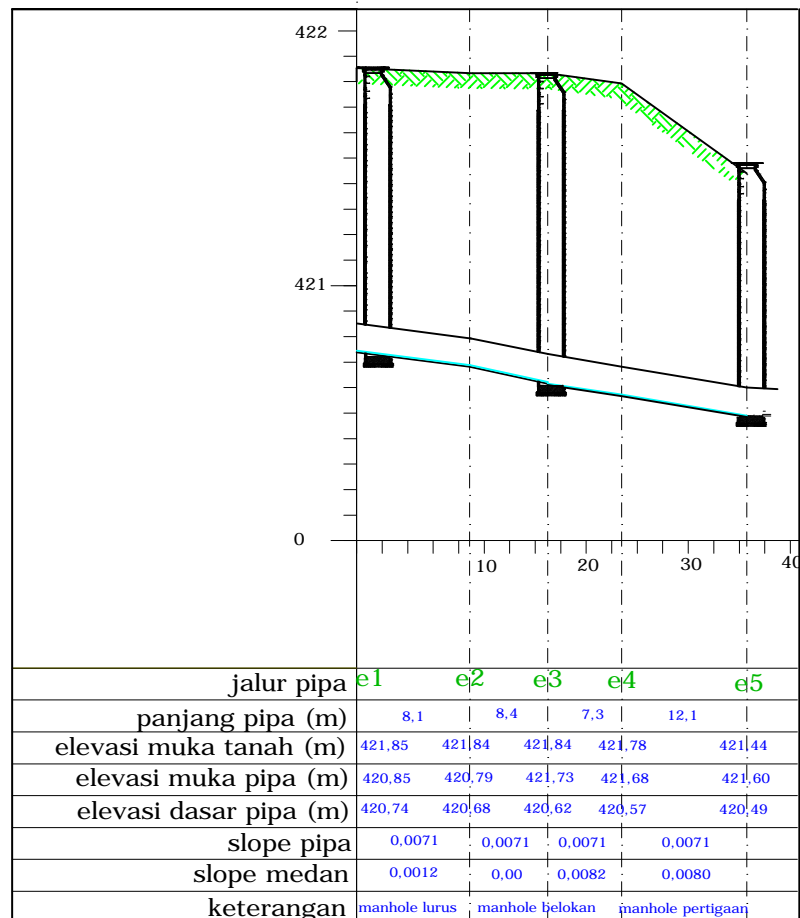
1 : 100

NOMOR GAMBAR

17



Peta jalur pipa e1-e5
skala 1:250



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS e1-e5

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
03211440000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

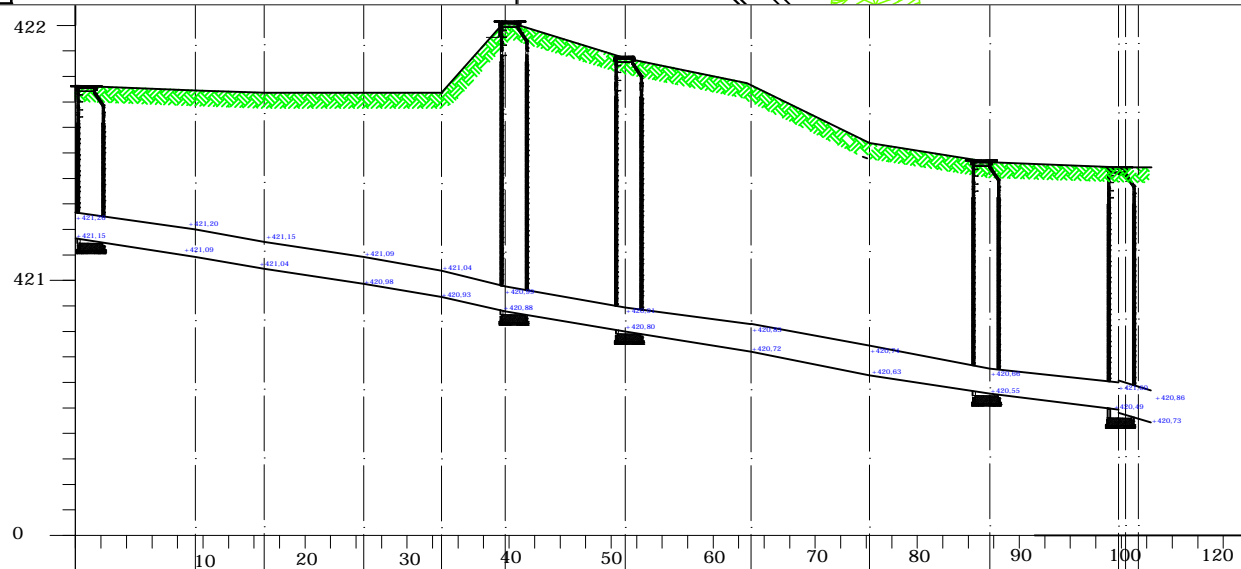
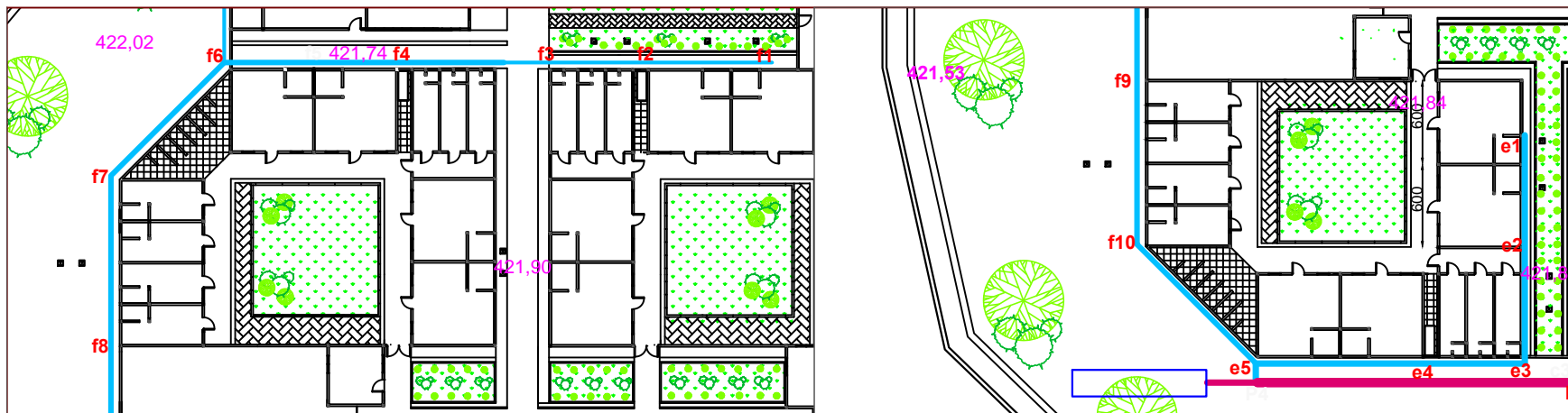


SKALA GAMBAR

1 : 150

NOMOR GAMBAR

18



jalur pipa	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	e5	P4
panjang pipa (m)	8,9	7,3	9,9	7,1	6,5	11,6	12	12,1	11,9	12,2	1,4	
elevasi muka tanah (m)	421,76	421,75	421,74	421,74	421,74	422,02	421,88	421,74	421,53	421,46	421,44	421,44
elevasi muka pipa (m)	421,26	421,20	421,15	421,09	421,04	420,99	420,91	420,83	420,74	420,66	421,60	420,86
elevasi dasar pipa (m)	421,15	421,09	421,04	420,98	420,93	420,88	420,80	420,72	420,63	420,55	421,49	420,73
slope pipa	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071
slope medan	0,0011	0,0014	0,00	0,00	-0,04	0,0121	0,0071	0,0117	0,0173	0,0059	0,0016	
keterangan	manhole lurus					manhole pertigaan	manhole belokan				drop manhole	



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS f1-P4

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
03211440000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

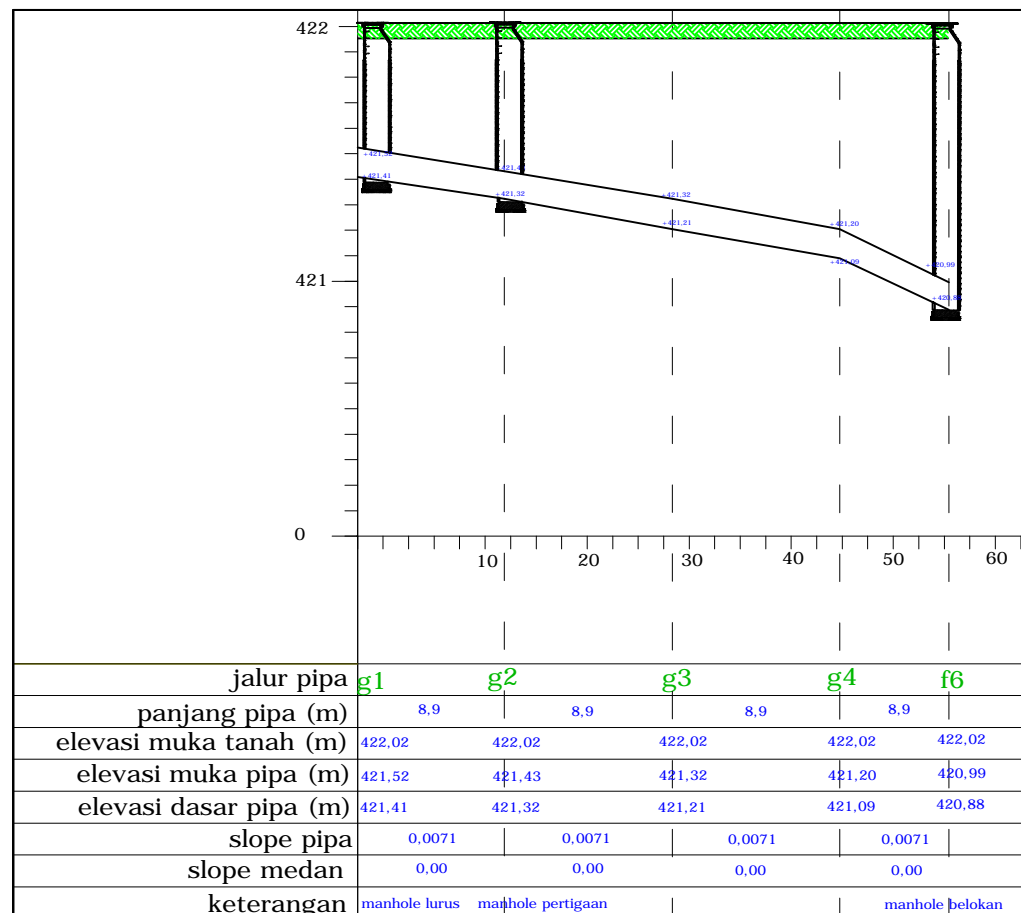
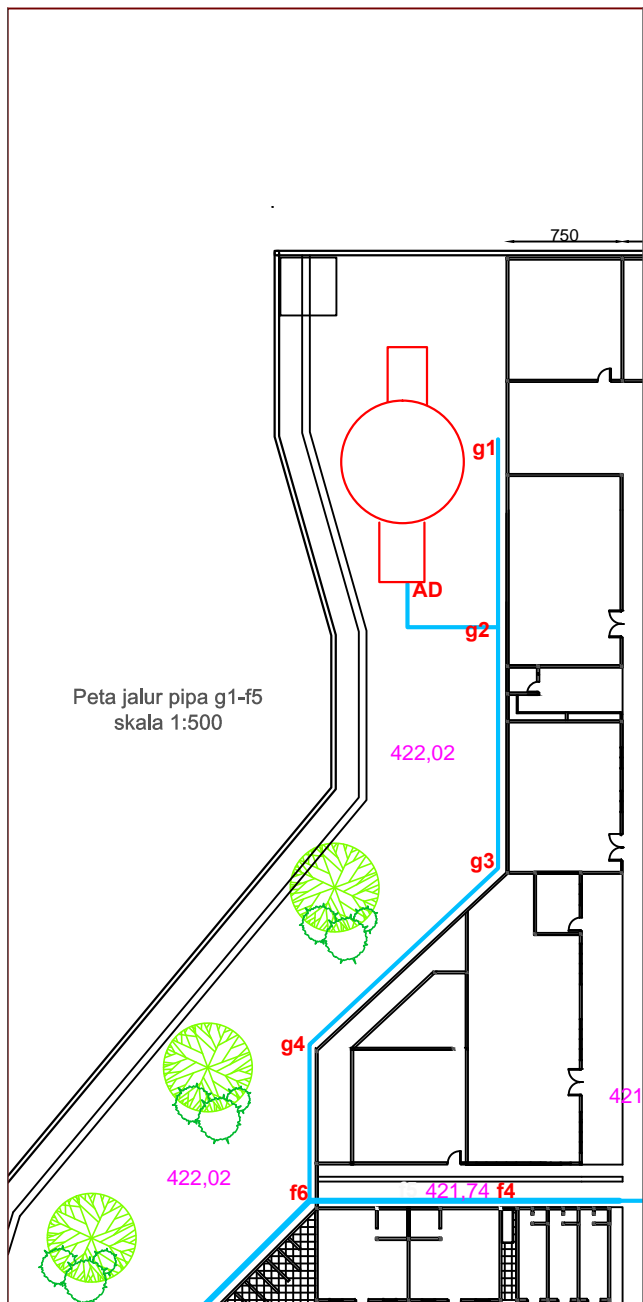


SKALA PETA
1 : 500

SKALA GAMBAR
1 : 150

NOMOR GAMBAR

19



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS g1-f5

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

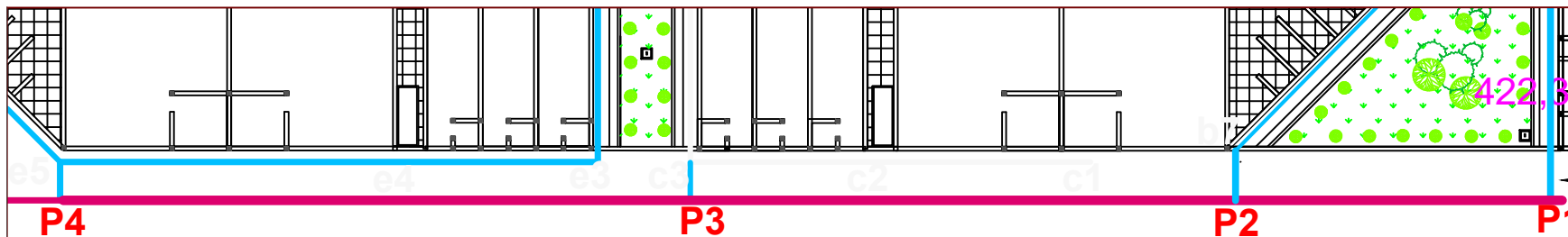


SKALA GAMBAR

1 : 150

NOMOR GAMBAR

20



Peta jalur pipa P1-P4
skala 1:250



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS P1-P4


MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

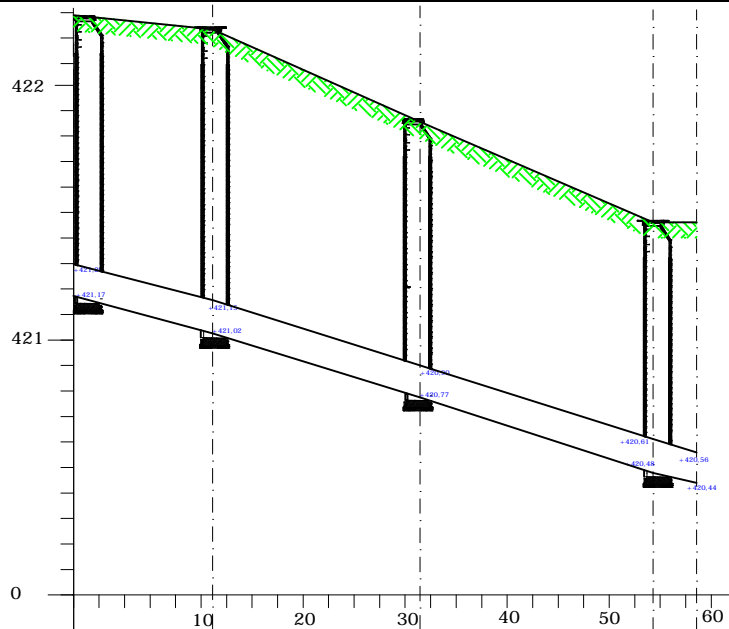


SKALA GAMBAR

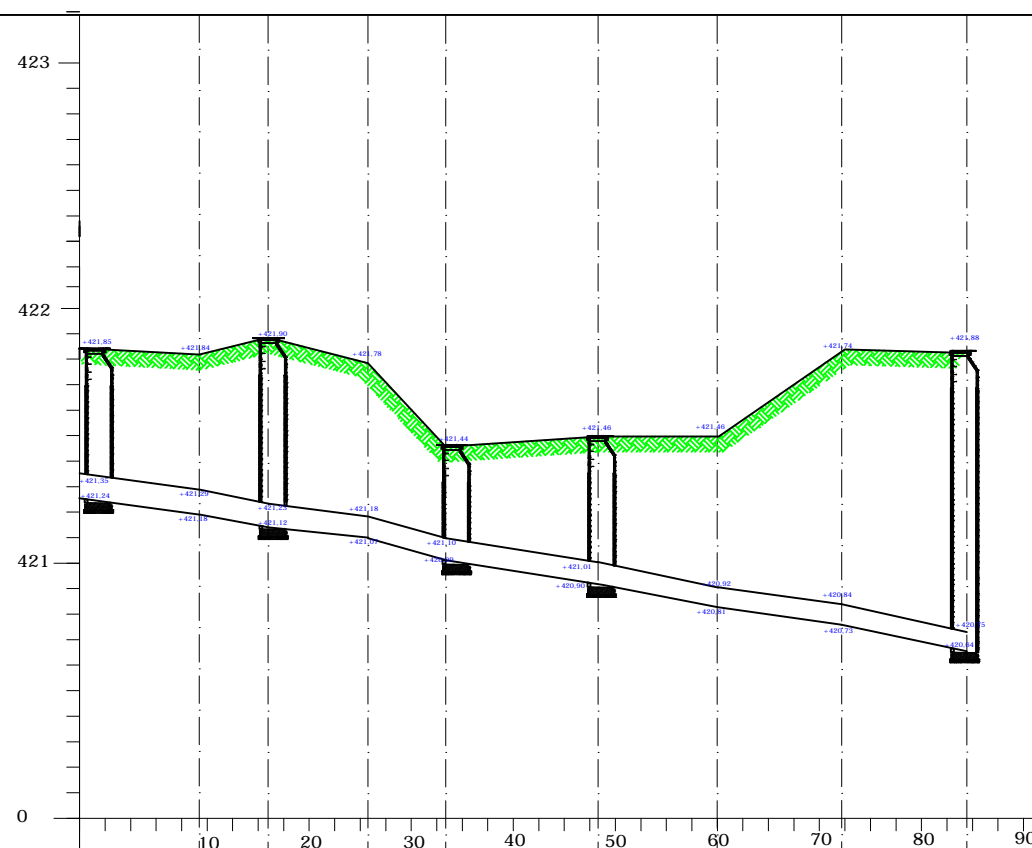
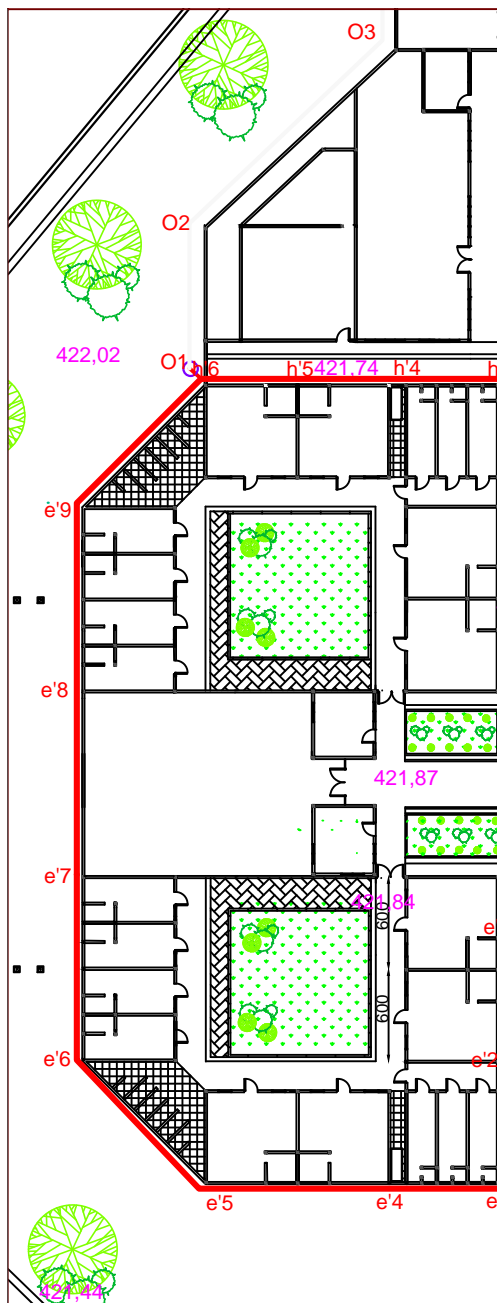
NOMOR GAMBAR

1 : 150

21



jalur pipa	P1	P2	P4	P4 IPAL
panjang pipa (m)	11,4	19,7	23,1	3,5
elevasi muka tanah (m)	422,29	422,24	421,85	421,44 421,44
elevasi muka pipa (m)	421,29	421,15	420,90	420,61 421,56
elevasi dasar pipa (m)	421,17	421,02	420,77	420,48 421,44
slope pipa	0,0026	0,0198	0,0178	0,00
slope medan	0,0126	0,0126	0,0126	0,0126
keterangan	manhole pertigaan	drop manhole	drop manhole	



jalur pipa	e'1	e'2	e'3	e'4	e'5	e'6	e'7	e'8	e'9
panjang pipa (m)	15,3		11,4		37,4		38,6	13,7	
elevasi muka tanah (m)	421,85	421,84	421,90	421,78	421,44	421,46	421,46	421,74	421,88
elevasi muka pipa (m)	421,35	421,29	421,23	421,18	421,10	421,01	420,92	420,84	420,75
elevasi dasar pipa (m)	421,24	421,18	421,12	421,07	420,99	420,90	420,81	420,73	420,64
slope pipa	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	
slope medan	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	0,0071	
keterangan	manhole lurus	manhole belokan	manhole belokan	manhole belokan	manhole belokan			manhole pertigaan	



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS e'1-h'6

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
03211440000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

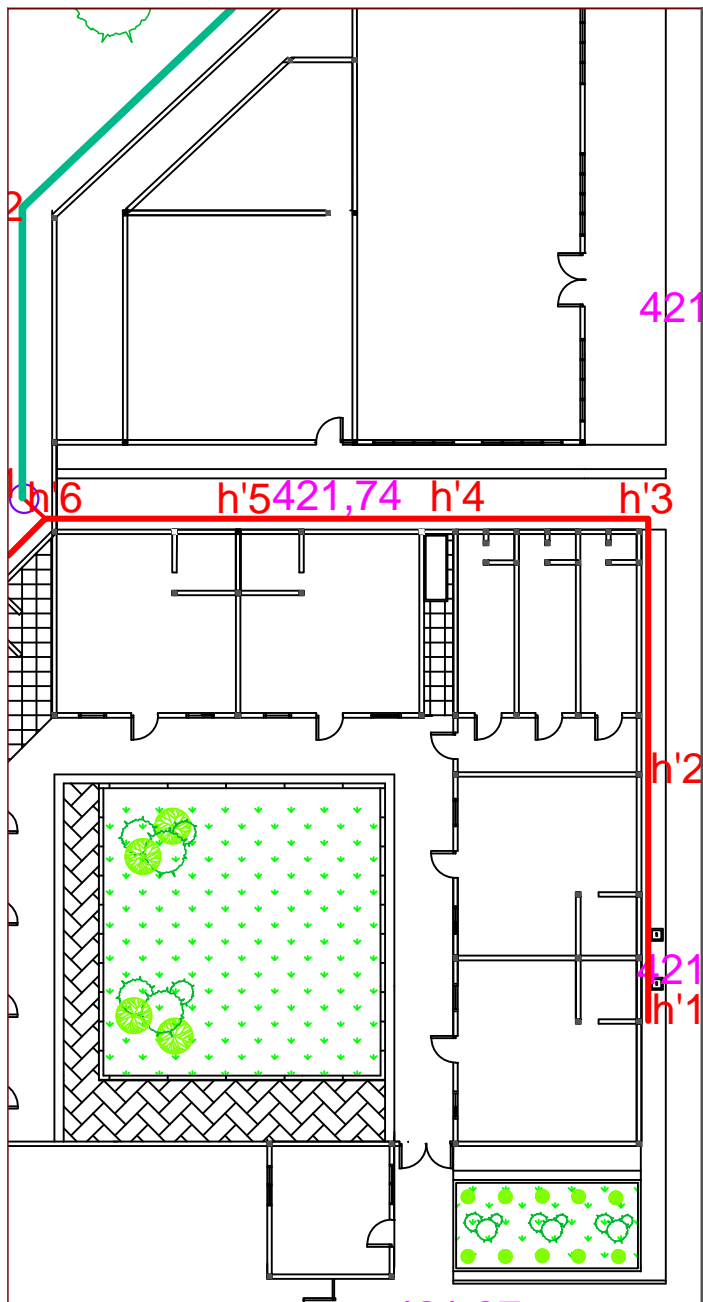


SKALA GAMBAR

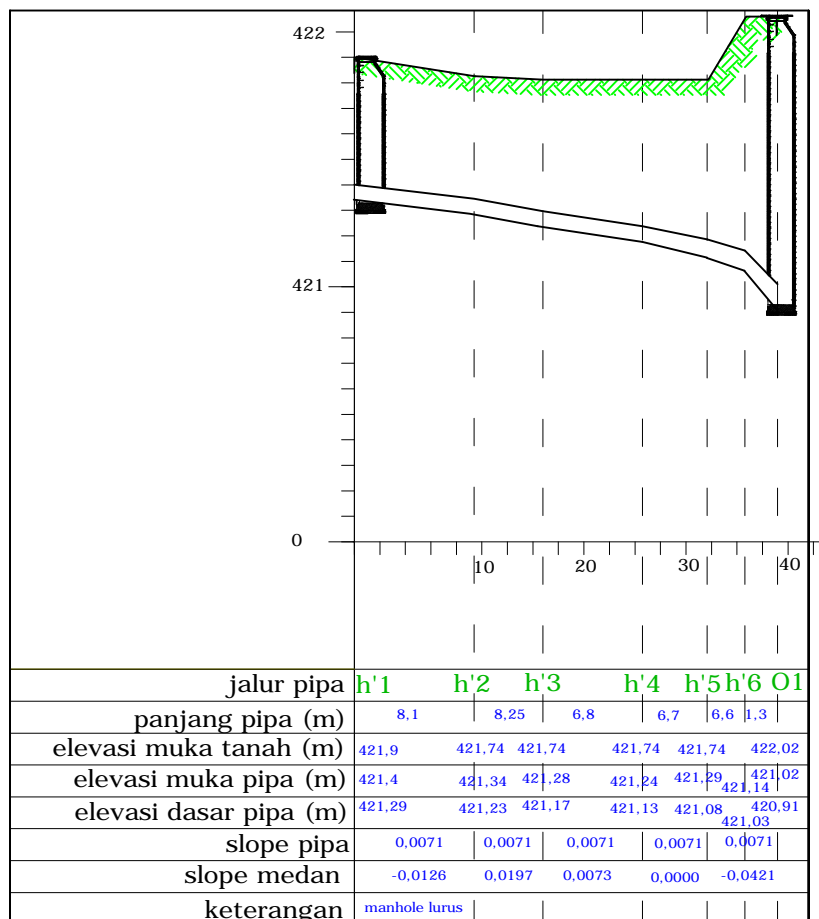
1 : 150

NOMOR GAMBAR

22



Saluran h'1 ke O1



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS h'1-O1

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
03211440000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

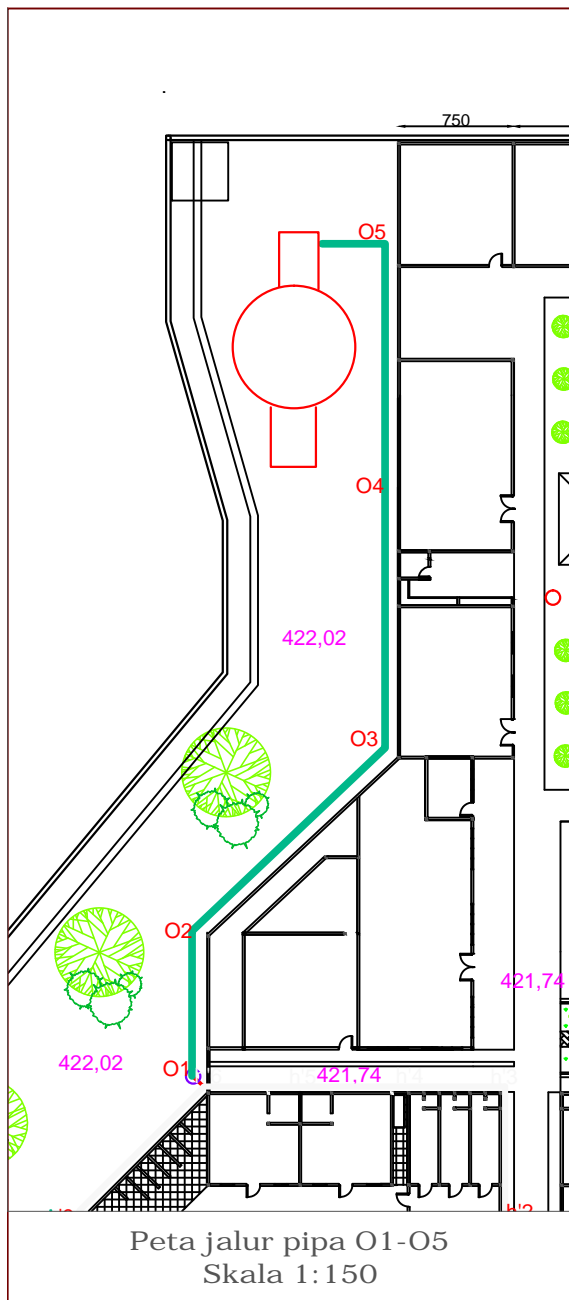


SKALA GAMBAR

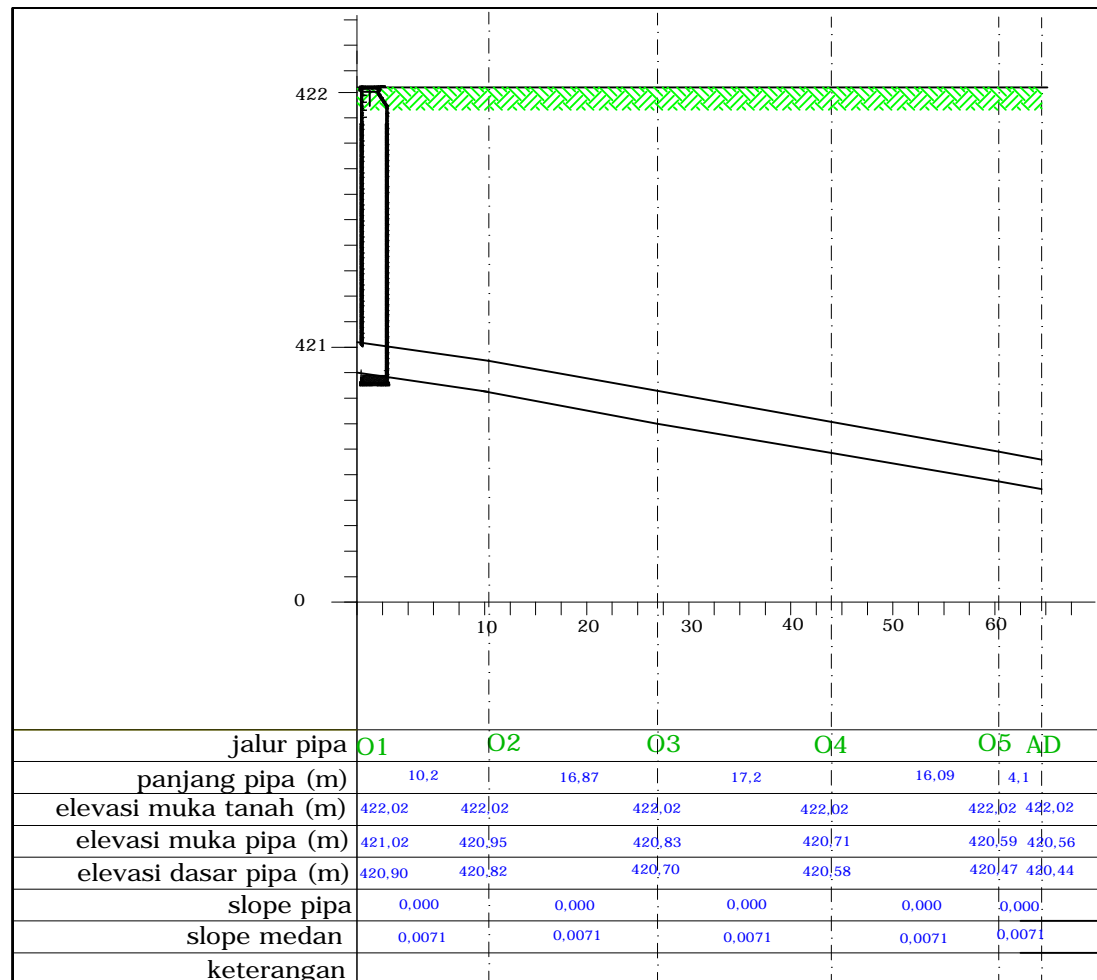
1 : 150

NOMOR GAMBAR

23



Saluran O1 ke AD



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS O1-AD

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

 = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

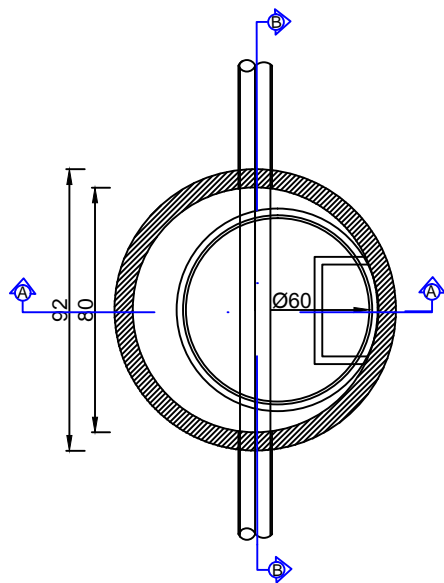


SKALA GAMBAR

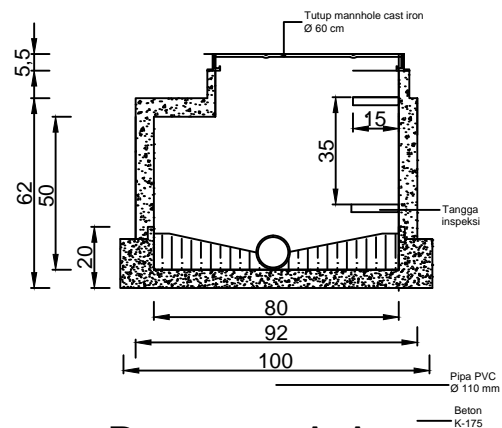
1 : 150

NOMOR GAMBAR

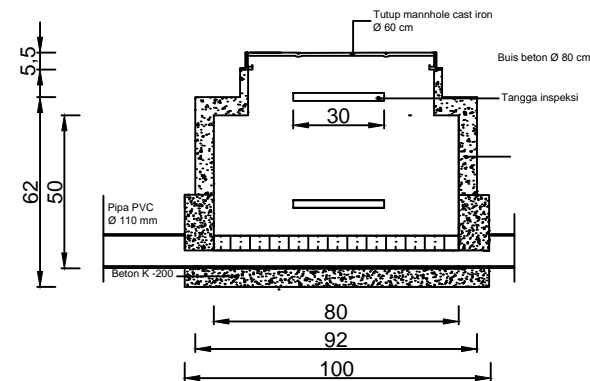
24



Denah manhole lurus
kedalaman 0,5 m



Potongan A-A



Potongan B-B



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

TIPIKAL MANHOLE LURUS KEDALAMAN
0,5 M

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
03211440000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

-  = Beton K-200
-  = Beton K-175
-  = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

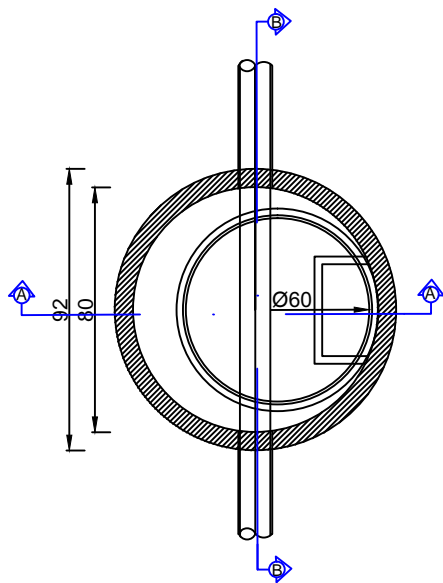


SKALA GAMBAR

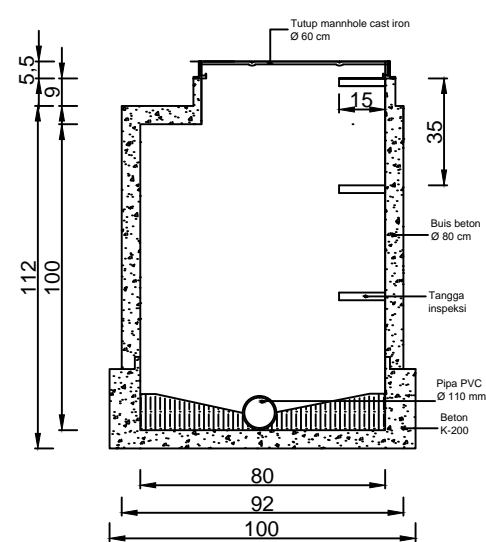
1 : 25

NOMOR GAMBAR

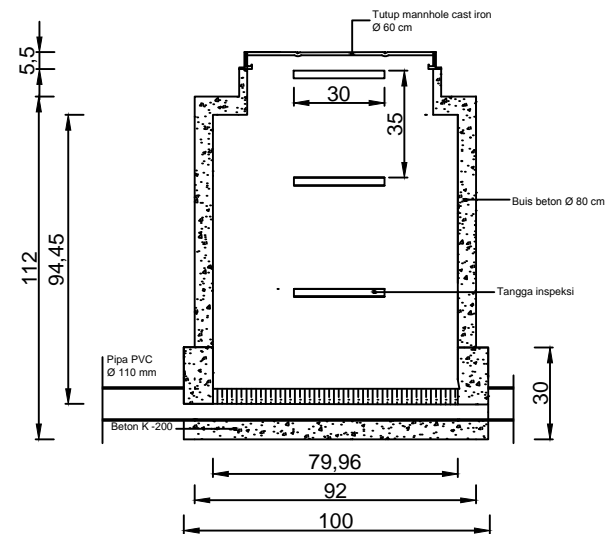
25



Denah manhole lurus kedalaman 1 m



Potongan A-A



Potongan B-B



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

TIPIKAL MANHOLE LURUS KEDALAMAN
1 M

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

-  = Beton K-200
-  = Beton K-175
-  = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

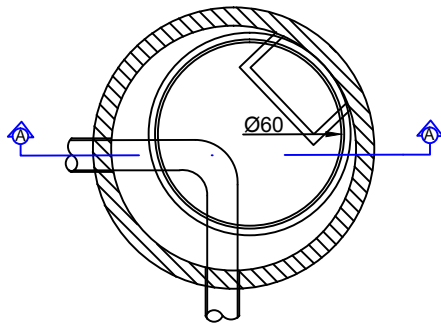


SKALA GAMBAR

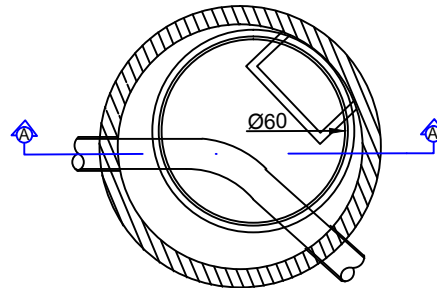
1 : 25

NOMOR GAMBAR

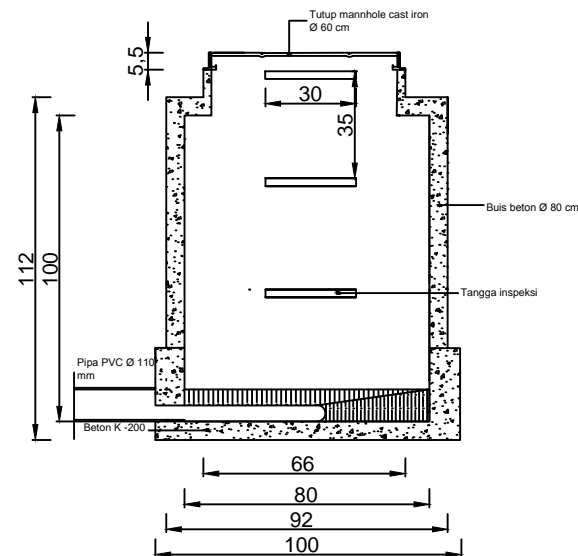
26



Denah manhole
belokan 90°



Denah manhole
belokan 45°



Potongan A-A



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

TIPIKAL MANHOLE BELOKAN

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

-  = Beton K-200
-  = Beton K-175
-  = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

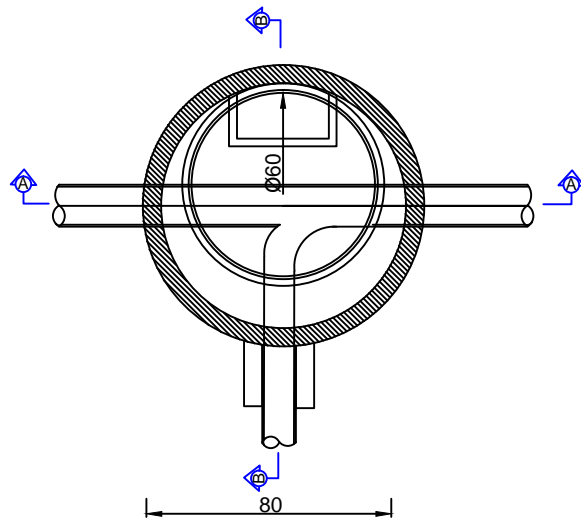


SKALA GAMBAR

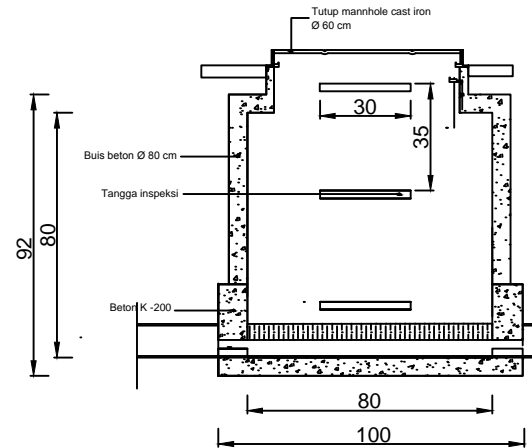
1 : 25

NOMOR GAMBAR

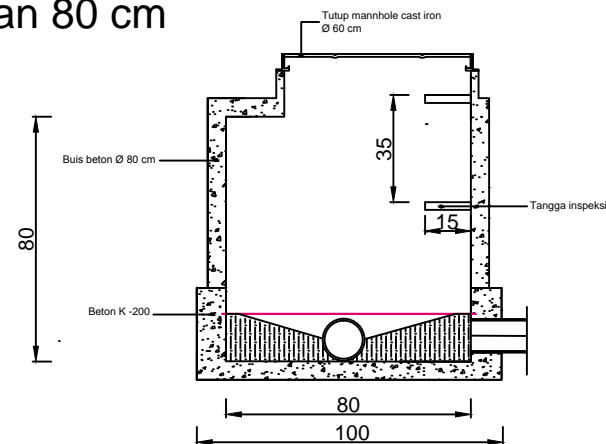
27



Denah manhole pertigaan
kedalaman 80 cm



Potongan A-A



Potongan B-B



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

TIPIKAL MANHOLE PERTIGAAN
KEDALAMAN 0,8 M

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

-  = Beton K-200
-  = Beton K-175
-  = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN

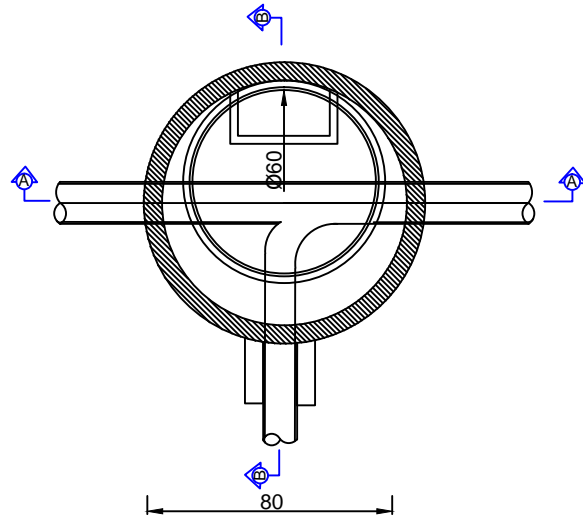


SKALA GAMBAR

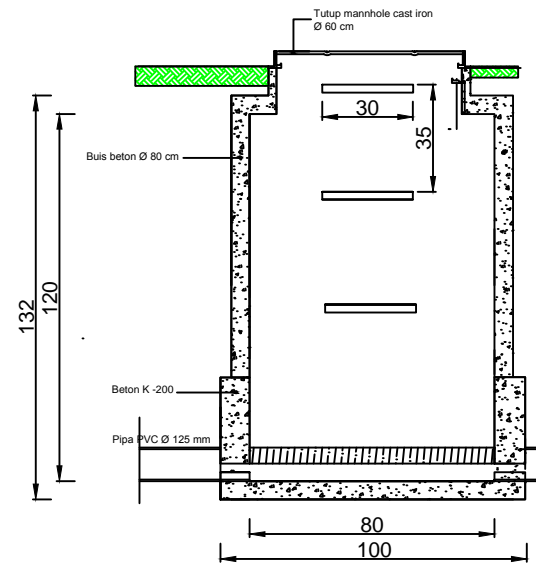
1 : 25

NOMOR GAMBAR

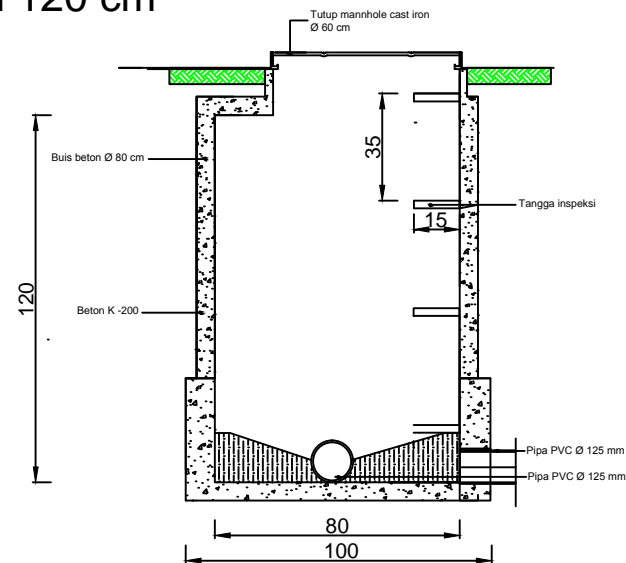
28



Denah manhole pertigaan
kedalaman 120 cm



Potongan A-A



Potongan B-B



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR : EVALUASI DAN
PERENCANAAN PRASARANA SANITASI
DI LAPAS WANITA KELAS II A KOTA
MALANG

JUDUL GAMBAR

TIPIKAL MANHOLE PERTIGAAN
KEDALAMAN 1,2 m

MAHASISWA / NRP

NOVIA ASTIKA HADI MULYONO
0321144000004

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng

LEGENDA

-  = Beton K-200
-  = Beton K-175
-  = Muka Tanah

ARAH MATA ANGIN



SKALA GAMBAR

1 : 25

NOMOR GAMBAR

29

